- الأول في لائحة بيل غيتس 2021 -

- لائحة فايننشل تايمز للكتب الأكثر مبيعًا -

جيف هوكنز

JEFF HAWKINS

الألف دماغ

A THOUSAND BRAINS

نظرية جديدة للذكاء

A NEW THEORY OF INTELLIGENCE





الألف دماغ

A THOUSAND BRAINS

نظرية جديدة للذكاء

A NEW THEORY OF INTELLIGENCE

جيف هوكنز

JEFF HAWKINS

الألف دماغ

A THOUSAND BRAINS

نظرية جديدة للذكاء

A NEW THEORY OF INTELLIGENCE

ترجمة ماجد حامد

مراجعة وتحرير
مركز التعريب والبرمجة



يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي

A THOUSAND BRAINS

A NEW THEORY OF INTELLIGENCE

حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من المؤلف

Jeffrey C. Hawkins c/o Levine Greenberg

Rostan Literary Agency, 307 Seventh Avenue,

Suite 2407 New York, NY 10001, USA

بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون

الطبعة الأولى :أيار/مايو 2022 م 1443 – ه

ردمك 9786140268500



إصدار

الدار العربية للعلوم ناشرون م م ح

مركز الأعمال، مدينة الشارقة للنشر

المنطقة الحرة، الشارقة

الإمارات العربية المتحدة

جوال: 585597200 971+ - داخلي: 0585597200

هاتف: 786233 – 785108 – 785107 (1-961+)

البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb

الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

التوزيع في المملكة العربية السعودية

دار إقـــراء للـنـشـــر



مقدمة

بقلم ريتشارد دوكينز

لا تقرأ هذا الكتاب قبل الخلود إلى النوم، ليس لأنه مرعب؛ فهو لن يسبب لك الكوابيس؛ بل لأنه منبه قوي جداً، وسيحول دماغك إلى دوامة عظيمة من الأفكار المستفزة بشكل مثير؛ ستبحث سريعاً عن شخص ما كي تخبره بها بدلاً من النوم. إن كاتب هذه المقدمة واحد من ضحايا هذه الدوامة، وأعتقد أنك ستختبر الأمر نفسه.

كان تشارلز داروين استثنائياً بين العلماء الآخرين من حيث امتلاكه الوسائل التي تمكنه من العمل خارج الجامعات ودون الحاجة إلى مُنح بحثية حكومية. لعل جيف هوكينز لم يستمتع في تسميته العالم النبيل الذي عمل وفق طريقة سيليكون فالي، ولكنني أصبحت الآن أعرف أوجه الشبه بينهما. لقد كانت فكرة داروين القوية متطرفةً جداً كي يفهمها الآخرون عندما طرحها في مقال مختصر، لذا جرى تجاهل جميع الأوراق المشتركة بين والاس وداروين عام 1858، حيث أشار داروين شخصياً إلى الحاجة إلى التعبير عن الفكرة في كتاب كامل، لذلك كتب في العام التالي كتابه العظيم الذي هزّ أسس العصر الفيكتوري. لقد احتاج جيف هوكينز إلى الأمر ذاته من أجل نظريته التي يطلق عليها اسم الألف دماغ. وبالنسبة إلى مفهومه حول الأطر المرجعية - «يمثل التفكير بحدّ ذاته شكلاً من أشكال الحركة» - وقد كان محقاً في ذلك؛ إن مفهوم الألف دماغ والأطر المرجعية هما مفهومان عميقان بما يبرر أن يؤلف كتاباً عن كل واحد منهما.

قال توماس هنري هوكسلي مقولته الشهيرة عندما أنهى قراءة كتاب أصل الأنواع: «لقد كنت غبياً جداً عندما لم أفكر في ذلك». أنا لا أزعم أن من الضروري أن يقول جميع علماء الدماغ الشيء ذاته بعد قراءة هذا الكتاب، فهو مليء بالأفكار المثيرة ولا يقتصر على فكرة واحدة عظيمة مثل فكرة داروين.

أعتقد أنه ليس تي إيتش هوكسلي فقط بل أحفاده الثلاثة اللامعين أحبوا هذا أيضاً: بدءاً من أندرو لأنه اكتشف كيفية عمل السيالات العصبية (إن هودجكن وهوكسلي في منزلة واتسون وكريك في مجال

الجهاز العصبي) وألدوس نتيجة رحلاته الحالمة الشعرية إلى أبعد مدىً وصل الدماغ إليه، وجوليان لأنه كتب هذه القصيدة التي يمجد فيها قدرة الدماغ على إبداع نموذج عن الواقع، وعالم مصغر:

دخل دماغك الطفولي عالم الأشياء

من أجل ملء تلك الحجرة البلورية

حيث التقى داخل جنباتها أكثر الأزواج غرابةً

واستحالت تلك الأشياء أفكاراً وشرعت تتكاثر

استطاعت الحقيقة المادية داخلها ذات مرة أن تجد روحاً

فأصبحت أنت والحقيقة على مذهب واحد

بنيتما هناك عالماً مصغراً

أسند حتى الآن أعظم المهام إلى نفسه الصغيرة

يستطيع الرجال المتوفون العيش هناك، والحديث إلى النجوم

حيث يخاطب خطُّ الاستواء القطبَ، ويخاطب الليلُ النهارَ

وتفكك الروح قضبان العالم المادية

وتتلاشى ملايين الحواجز

ويستطيع العالم أن يحيا ويعمل ويخطط

في النهاية، وضع الله ذلك في دماغ الإنسان.

يجلس الدماغ في الظلام، ويفهم العالم الخارجي عن طريق وابل من سيالات أندرو هوكسلي العصبية. تشبه سيالة العصب الصادر عن العين تلك التي تصدر عن الأذن أو إبهام القدم، وينتهي بها الأمر جميعاً في الدماغ الذي يصنفها. ليس جيف هوكينز أول عالم أو فيلسوف يقترح أن العالم الذي ندركه عبارة عن واقع مرسوم، أو نموذج، تحدثه وتكونه البيانات التي تتدفق عبر الحواس، ولكنني أعتقد أن هوكينز أول من عبّر عن الفكرة ببلاغة، حيث رأى وجود آلاف النماذج بدلاً من نموذج واحد فقط، وكل نموذج يقع في واحد من الأعمدة العديدة المكدسة بإتقان والتي تشكل بدورها القشرة الدماغية. هناك مئة وخمسون ألفاً من تلك الأعمدة وهي موضوعنا الرئيسي في القسم الأول من هذا الكتاب، إلى جانب ما

أطلق عليها اسم «الأطر المرجعية». إن نظرية هوكينز حول كليهما مثيرة للاهتمام، وستستمع في معرفة الطريقة التي تلقاهما بها سائر علماء الدماغ الآخرين: أنا أشك في ذلك حقيقةً. إن أهم الأفكار التي طرحها هي أن تلك الأعمدة القشرية تعمل بشكل مستقل جزئياً في نمذجة العالم. ما ندركه حولنا نوع من الإجماع الديمقراطي بين تلك الأعمدة.

هل هناك من ديمقراطية في الدماغ؟ أم إجماع، أم خلاف؟ يا لها من فكرة مذهلة! إن الإجابة على هذه الأسئلة تشغل مساحة كبيرة من الكتاب. نحن الثدييات البشرية ضحايا خلاف متكرر: صراع بين دماغ الزواحف القديم، والذي يقود دون وعي آلة البقاء على قيد الحياة، وبين القشرة المخية الحديثة التي تعتلي مكاناً في منزلة السائق الذي يقود سيارة. إن دماغ الثدييات الحديث هذا - القشرة المخية - يفكر، ويمثل الوعي، وهو يدرك الماضي، والحاضر، والمستقبل، ويرسل تعليمات إلى الدماغ القديم، الذي ينفذها بدوره.

سيقول الدماغ القديم، الذي درّبه الاصطفاء الطبيعي على مدى ملايين السنوات عندما كان السكر نادراً وضرورياً من أجل البقاء على قيد الحياة: «كعكة. أريد كعكة. مممم كعكة. أعطني إياها». أما الدماغ الحديث، الذي أجرى عليه العلماء دراسات وكتبوا الكتب على مدى عشرات السنوات التي كان فيها السكر فائضاً: «لا، لا، ليس الكعكة. لا يجدر بك أكلها. لا تأكل الكعكة من فضلك».

يجيب الصراع بين دماغ الزواحف القديم ودماغ الثدييات الحديث عن أسئلة محيرة مثل: «لماذا يجب على الألم أن يكون مؤلماً بشدة؟». ما الهدف من الألم في النهاية؟ إن الألم يحذر الدماغ، «لا تفعل ذلك مجدداً: لا تعبث مع أفعى، أو تلتقط جمرةً حارقةً، أو تقفز من علوٍ شاهق. لقد آلمك هذه المرة؛ ولكنه قد يقتلك في المرة القادمة». ولكن ربما يقول مهندس تصميم[1] إن ما نحتاج إليه هنا هو مكافئ عَلَم غير مؤلم في الدماغ، عندما يرتفع ذلك العلم، تكون الرسالة لا تكرر ما فعلته حينها. ولكننا نتعرض في الحقيقة إلى ألم مفرط وغير محتمل غالباً بدلاً من عَلَم المهندس المنذر غير المؤلم. لماذا؟ ما الخطب في العَلَم الحساس؟

لعل الإجابة تكمن في الطبيعة الجدلية لعمليات اتخاذ القرار في الدماغ: الصراع بين الدماغين القديم والحديث. إن تمكن الأخير من فرض سلطته بسهولة على الدماغ القديم، فسيفشل نظام العلم غير المؤلم، وكذلك نظام العذاب.

سيمتلك الدماغ الحديث حرية تجاهل علمي الافتراضي، وسيختار تحمل أي عدد من لسعات النحل أو الكواحل الملتوية في حال أراد ذلك لأي سبب من الأسباب. قد يحتجّ الدماغ القديم من دون فائدة، والذي يهتم في الحقيقة بشأن البقاء على قيد الحياة من أجل توريث الجينات. لعل الاصطفاء الطبيعي قد ضمن

انتصار الدماغ القديم عن طريق جعل الألم شديداً جداً بحيث لا يستطيع الدماغ الحديث التحكم به، وذلك بهدف الحفاظ على الحياة. وفي مثال آخر، لو كان الدماغ القديم يعي خيانة الغرض الدارويني للجنس، كان سيجعل من ارتداء الواقي الذكري مؤلماً بشكل غير محتمل.

إن هوكينز في صف غالبية العلماء والفلاسفة المطلعين والذين يرفضون فرضية الثنائية؛ وهو افتراض يقوم على أن الظواهر العقلية غير مادية في بعض النواحي، أي وجود الروح في الجسد: لا يوجد شبح في الآلة، أو روح مخيفة منفصلة تماماً عن الجسد وتنجو من موته، ولا وجود للمسرح الديكارتي - مصطلح وضعه دان دينيت - حيث توجد شاشة ملونة تعرض فيلماً عن العالم تشاهده نفس المرء. بدلاً من ذلك، اقترح هوكينز وجود نماذج متعددة عن العالم، وعوالم مصغرة مرسومة، يشكلها وابل السيالات العصبية التي تتدفق من الحواس ويعدلها. بالمناسبة، لا يستبعد هوكينز إمكانية النجاة من الموت في المستقبل البعيد عن طريق تحميل الدماغ إلى حاسوب، ولكنه لا يعتقد أن الأمر سيكون ممتعاً.

أنا لا أقول إن هوكينز يقلل من شأن قوة الذكاء الاصطناعي والرجال الآليين المستقبليين، بل على النقيض من ذلك. ولكنه يعتقد أن معظم الأبحاث الحالية تسير في الطريق الخاطئ، فهو يرى الصواب في فهم كيفية عمل الدماغ وتقليد أساليبه مع تسريعها بشكل كبير.

لا يوجد سبب يدفعنا إلى استعارة أساليب الدماغ القديم، وشهواته ورغباته، وحاجاته وغضبه، ومشاعره ومخاوفه، والتي يمكن أن تقودنا عبر طرق يراها الدماغ الحديث مؤذيةً. ولعل هذا الأذى بادٍ من المنظور الذي أقدره أنا وهوكينز على الأقل، وأنا شبه متأكد أنك ستقدره بدورك. يرى هوكينز بشكل واضح ضرورة ابتعاد قيمنا المستنيرة بشدة عن القيم الأولية والبدائية في جيناتنا الأنانية؛ أي الأمر الصريح بالتكاثر مقابل أي ثمن. كما يرى أنه وفي غياب الدماغ القديم، لا سبب يدفعنا إلى الاعتقاد بأن لدى الذكاء الاصطناعي أحقاد تجاهنا. وعلى المنوال نفسه، وربما على نحو مثير للجدل، لا يعتبر هوكينز أن إيقاف ذكاء اصطناعي واع سيرتقي إلى مستوى جريمة قتل: لماذا سينتابه الحزن أو الخوف إن كان يفتقر إلى الدماغ القديم؟ لماذا سيرغب في البقاء على قيد الحياة؟

سنجد أنفسنا في فصل «الجينات مقابل المعرفة» دون أدنى شك إزاء التفاوت بين أهداف الدماغ القديم؛ خدمة جينات الأنانية؛ والدماغ الحديث؛ المعرفة. تتميز القشرة المخية لدى الإنسان - والتي يتفرد بها دون جميع الحيوانات، والتي لم يسبق لها أن وجدت في أي من العصور الجيولوجية - بامتلاكها القدرة على تحدي أوامر الجينات الأنانية. نستطيع أن نستمتع بممارسة الجنس دون إنجاب الأطفال. يمكننا أن نكرس حياتنا من أجل الفلسفة، والرياضيات، والشعر، والفيزياء الفلكية، والموسيقى، وعلم طبقات الأرض، ومن أجل دفء الحب الإنساني، وبذلك نتحدى إلحاح الدماغ القديم الذي يرى في هذه الأمور هدراً للوقت الذي يجب أن نقضيه في قتال الخصوم والسعي خلف تعدد الشركاء الجنسيين: «من وجهة

نظري، نحن أمام خيار صعب وعميق بين تأييد الدماغ القديم أو الحديث. وبشكل أدق، هل نريد أن تقود مستقبلَنا العملياتُ التي جاءت بنا إلى هنا، وأعني بذلك الاصطفاء الطبيعي والمنافسة، والجينات الأنانية؟ أم الذكاء ورغبته في فهم العالم؟».

بدأتِ المقدمة باقتباس التعليق الذي قاله توماس هنري هوكسلي بعد انتهائه من قراءة كتاب أصل الأنواع لداروين. وسأنهيها بواحدة من أفكار جيف هوكينز الساحرة - لخصتُها في بضع صفحات فقط - والتي دفعتني إلى محاكاة هوكسلي. الشعور بالحاجة إلى سجل كوني؛ شيء يجعل المجرة تعلم بأننا كنا موجودين هنا ذات يوم، وأننا استطعنا الإعلان عن وجودنا، لاحظ هوكينز أن جميع الحضارات سريعة الزوال. إن الفاصل بين ظهور حضارة وانقراضها يشبه ومضة يراعة على مقياس الزمن الكوني. إن احتمال التزامن بين ومضة وأخرى صغير بشكل محزن.

ما نحتاج إليه - وهذا سبب تسميتي إياه سجل كوني - هو رسالة تقول «كنا هنا ذات مرة» وليس «نحن هنا». يجب أن يكون هذا السجل الكوني قابلاً للاستمرار وفقاً للمقياس الكوني: حيث ينبغي أن يدوم ملايين إن لم يكن مليارات السنين إضافةً إلى إمكانية رؤيته على بعد فراسخ فلكية عدة، وبذلك يستمر في إعلان رسالته في الوقت الذي يتقاطع وجوده مع ومضات حضارية أخرى بعد فترة طويلة من انقراضنا. لن يفيَ بثُّ الأعداد الأولية أو خانات العدد بي «π» بالغرض. إذا كان على شكل موجات راديويةً أو حزمة ليزر نبضي. إنهما يؤكدان الذكاء الحيوي بالتأكيد، وهذا سبب كونهما من أساسيات SETI - البحث عن ذكاء من خارج الأرض - والخيال العلمي، ولكن تأثيرهما قصير وفوري. ولذلك، ما هي الإشارة التي قد تدوم وقتاً طويلاً بما يكفي كي ترصد من مسافة بعيدة جداً وفي أي اتجاه؟ وهنا أثار هوكينز أفكار هوكسلي القابعة في داخلي.

الأمر يفوق قدرتنا اليوم، ولكن نستطيع في المستقبل وقبل أن ينتهي وقت ومضتنا أن نضع سلسلةً من الأقمار الاصطناعية في مسار حول الشمس «سيحجب ذلك قليلاً من ضوء الشمس في نمط لن يحدث بشكل طبيعي. ستستمر حاجبات الشمس هذه في الدوران حولها ملايين السنين بعد وقت طويل من زوالنا، وربما يمكن رصدها من مكان بعيد جداً». حتى لو كانت المسافة بين هذه الأقمار الاصطناعية الظليلة تمنعها من تشكيل سلسلة من الأعداد الأولية بشكل دقيق، إلا أن رسالتها يمكن أن تكون واضحةً: «الحياة الذكية كانت هنا».

ما وجدته مرضياً هو أن الرسالة الكونية المشفرة على شكل نمط من فواصل بين السبلات - أو عكس السبلات في هذه الحال، حيث إن أقماره الاصطناعية ستحجب الشمس - ستستعمل نمط التشفير ذاته الذي تستخدمه الخلية العصبية.

إن هذا الكتاب يشرح الطريقة التي يعمل وفقها الدماغ، إنه يعمل بطريقة أقل ما يمكن وصفها به أنها رائعة.

القسم الأول
فهم جديد للدماغ

أنت تقرأ هذه الكلمات لأن الخلايا الموجودة في دماغك تطالبك بذلك، فكّر في مدى روعة ذلك، الخلايا بسيطة، لا تستطيع خلية واحدة أن تقرأ أو تفكر أو تفعل الكثير من أي شيء، ومع ذلك، إذا جمّعنا ما يكفي من الخلايا معاً لتكوين دماغ، فلن تقرأ الكتب فحسب، بل ستكتبها. إن خلايا الدماغ تتيح لنا تصميم المباني، وابتكار التقنيات، وحل ألغاز الكون. السؤال المهم الذي يطرح نفسه هنا هو: كيف يبتكر الدماغ الذكاء من خلايا بسيطة؟ والإجابة على هذا السؤال تبقى لغزاً.

يعتبر فهم كيفية عمل الدماغ أحد التحديات الكبرى للبشرية، ولّدت هذه المهمة العشرات من المبادرات الوطنية والدولية، مثل مشروع الدماغ البشري الأوروبي، ومبادرة الدماغ الدولية. يعمل عشرات الآلاف من علماء الأعصاب في عشرات التخصصات، عملياً في كل بلد في العالم، وهم يحاولون فهم الدماغ. على الرغم من أن علماء الأعصاب يدرسون أدمغة حيوانات مختلفة، ويطرحون أسئلة متنوعة، فإن الهدف النهائي لعلم الأعصاب هو معرفة كيف يؤدي الدماغ البشري إلى زيادة الذكاء البشري.

قد تتفاجأ من ادعائي أن الدماغ البشري لا يزال لغزاً. في كل عام، يتم الإعلان عن اكتشافات جديدة متعلقة بالدماغ، وتُنشَرُ كتبٌ جديدةٌ عن الدماغ، ويزعم الباحثون في المجالات ذات الصلة مثل الذكاء الاصطناعي أن إبداعاتهم تقترب من ذكاء فأر أو قطة على سبيل المثال. وهذا ما يجعلنا نستنتج بسهولة أن العلماء لديهم فكرة جيدة عن كيفية عمل الدماغ. لكن، إذا سألت علماء الأعصاب، فإنهم جميعاً سيعترفون أنهم لا يزالون بعيدين جداً عن ذلك. لقد تعلمنا قدراً هائلاً من المعلومات والحقائق بشأن الدماغ، لكن لدينا القليل من الفهم لكيفية عمل كل شيء.

في العام 1979، كتب فرانسيس كريك، المشهور بعمله على الحمض النووي، مقالاً عن حالة علم الدماغ بعنوان التفكير في الدماغ. ووصف الكمية الكبيرة من الحقائق التي جمعها العلماء حول الدماغ،

لكنه خلص إلى أنه «على الرغم من التراكم المستمر للمعرفة التفصيلية، فإن كيفية عمل الدماغ البشري لا تزال غامضة للغاية». ومضى يقول: «ما ينقص بشكل واضح هو إطار واسع من الأفكار التي يمكن من خلالها تفسير هذه النتائج».

لاحظ كريك أن العلماء كانوا يجمعون بيانات عن الدماغ منذ عقود. كانوا يعرفون كثيراً من الحقائق، لكن أحداً لم يكتشف كيفية تجميع هذه الحقائق في شيء ذي معنى. كان الدماغ مثل أحجية الصور المؤلفة من آلاف القطع؛ كانت قطع الألغاز أمامنا، لكننا لم نستطع فهمها. لم يعرف أحد كيف كان يفترض أن يبدو الحل. وفقاً لكريك، الدماغ لغزٌ؛ ليس لأننا لم نجمع بيانات كافية عنه، بل لأننا لم نعرف كيفية ترتيب القطع التي لدينا بالفعل. في الأربعين عاماً التي مضت منذ أن كتب كريك مقاله، كان هناك العديد من الاكتشافات المهمة حول الدماغ، والتي سأتحدث عنها لاحقاً، لكن بشكل عام لا تزال ملاحظته صحيحة. فلا يزال لغزاً عميقاً كيف ينشأ الذكاء من الخلايا في رأسك. نظراً لأنه يتم جمع المزيد من قطع الألغاز كل عام، ففي بعض الأحيان، نشعر أننا نقترب أكثر من فهم الدماغ، ولكننا لم نقترب بما يكفي لفهمه.

عندما كنت صغيراً، قرأت مقال كريك وقد ألهمني. شعرت أنه يمكننا حل لغز الدماغ في حياتي، ومنذ ذلك الحين سعيت وراء هذا الهدف، وعلى مدار الخمسة عشر عاماً الماضية، قدت فريقاً بحثياً في السيليكون فالي يدرس جزءاً من الدماغ يسمى القشرة المخية الحديثة؛ تشغل هذه القشرة المخية الحديثة حوالى 70 بالمئة من حجم الدماغ البشري وهي المسؤولة عن كل ما نربطه بالذكاء، من حواسنا، إلى اللغة بجميع أشكالها، إلى التفكير المجرد مثل الرياضيات والفلسفة. الهدف من بحثنا هو فهم كيفية عمل القشرة المخية الحديثة بما يتيح لنا شرح بيولوجيا الدماغ وبناء آلات ذكية تعمل وفق المبدأ نفسه.

في أوائل العام 2016، حصل اختراق في مجال فهمنا، وقاد بحثَنا إلى تغيير كبير. أدركنا أننا وعلماءَ آخرين قد فوتنا عنصراً رئيسياً. من خلال هذه الرؤية الجديدة، رأينا كيف تتلاءم قطع اللغز معاً؛ بعبارة أخرى، أعتقد أننا اكتشفنا الإطار الذي كتب عنه كريك، وهو إطار عمل لا يشرح فقط أساسيات عمل القشرة المخية الحديثة، بل يؤدي أيضاً إلى ظهور طريقة جديدة للتفكير في الذكاء. ليس لدينا حتى الآن نظرية كاملة عن الدماغ؛ بعيداً عن ذلك. تبدأ المجالات العلمية عادةً بإطار عمل نظري، وبعد ذلك يتم وضع التفاصيل، ربما يكون المثال الأكثر شهرة هو نظرية التطور لداروين. اقترح داروين طريقة جديدة وجريئة للتفكير في أصل الأنواع، لكن التفاصيل، مثل كيفية عمل الجينات والحمض النووي، لم تُعرف إلا بعد سنوات عديدة.

لكي تكون ذكياً، يجب أن يتعلم الدماغ أشياء كثيرة جداً عن العالم؛ وهنا لا أشير إلى ما نتعلمه في المدرسة، بل أشير إلى الأشياء الأساسية، مثل شكل الأشياء اليومية، والصوت، والإحساس. علينا أن نتعلم

كيف نتعامل مع الأشياء، من كيفية فتح الأبواب وإغلاقها، إلى ما تفعله التطبيقات على هواتفنا الذكية عندما نلمس الشاشة. نحتاج إلى معرفة مكان وجود كل شيء في العالم، من المكان الذي تحتفظ فيه بممتلكاتك الشخصية في منزلك، إلى مكان وجود المكتبة ومكتب البريد في مدينتك. بالطبع، نحن نتعلم مفاهيم عالية المستوى، مثل معنى «الرحمة» و«الحكومة». علاوة على كل هذا، يتعلم كل واحد منا معنى عشرات الآلاف من الكلمات، وما من شك أن كل واحد منا يمتلك قدراً هائلاً من المعرفة حول العالم. إن الجينات في خلايانا تحدد جزءاً من مهاراتنا الأساسية، مثل كيفية تناول الطعام أو كيفية الارتداد عندما نشعر بالألم، لكن معظم ما نعرفه عن العالم يتم تعلمه.

يقول العلماء إن الدماغ يتعلم نموذجاً للعالم، وتشير كلمة «نموذج» إلى أن ما نعرفه لا يُخزن على هيئة كدسة من الحقائق فحسب، بل يُنظم بطريقة تعكس بنية العالم وكل ما يحتويه. على سبيل المثال، لمعرفة ماهية الدراجة، لا نتذكر قائمة حقائق حول الدراجات، فبدلاً من ذلك، ينشئ دماغنا نموذجاً للدراجات يشمل أشكالها المختلفة، وكيف يرتب الأجزاء بالنسبة إلى بعضها بعضاً، وكيف تتحرك الأجزاء المختلفة وتعمل معاً. للتعرف إلى شيء ما، نحتاج أولاً إلى معرفة شكله، ولتحقيق الأهداف نحتاج إلى معرفة كيفية تصرف الأشياء في العالم عادةً عندما نتفاعل معها. يرتبط الذكاء ارتباطاً وثيقاً بالنماذج التي ينشئها الدماغ عن العالم. لذلك، لفهم كيفية إبداع الدماغ الذكاء، علينا أن نفهم كيفية تعلّم الدماغ، المكون من خلايا بسيطة، نموذجاً عن العالم وكل شيء فيه.

في العام 2016 اكتشفنا كيف يتعلم الدماغ هذا النموذج. لقد استنتجنا أن القشرة المخية الحديثة تخزن كل ما نعرفه، أي كل ما لدينا من معلومات، باستخدام ما يسمى الأُطر المرجعية. سأشرح هذا بشكل كامل لاحقاً، لكن في الوقت الحالي، اعتبر الخريطة الورقية تشبيهاً. الخريطة هي نوع من النماذج: خريطة المدينة هي نموذج للمدينة، وخطوط الشبكة، مثل خطوط الطول والعرض، هي نوع من الإطار المرجعي. توفر خطوط شبكة الخريطة، وإطارها المرجعي، بنية الخريطة. فالإطار المرجعي يُرشدك إلى مكان وجود الأشياء بالنسبة إلى بعضها بعضاً، ويمكن أن يرشدك إلى كيفية تحقيق الأهداف، مثل كيفية الانتقال من موقع إلى آخر. لقد أدركنا أن نموذج الدماغ عن العالم مبني باستخدام أطر مرجعية تشبه الخريطة. ليس هناك من إطار مرجعي واحد، بل مئات الآلاف من الأُطر. في الواقع، نحن نفهم الآن أن معظم الخلايا في القشرة المخية الحديثة الخاصة بك مكرسة لإنشاء ومعالجة الأطر المرجعية، والتي يستخدمها الدماغ للتخطيط والتفكير.

مع هذه الرؤية الجديدة، بدأت تظهر إجابات عن بعض أكبر الأسئلة في علم الأعصاب. أسئلة مثل: كيف تتحد مدخلاتنا الحسية المتنوعة في تجربة فردية؟ ماذا يحدث عندما نفكّر؟ كيف يمكن لشخصين الوصول إلى معتقدات مختلفة من خلال الملاحظات نفسها؟ ولماذا لدينا شعور بالذات؟

يعرض هذا الكتاب قصة هذه الاكتشافات وآثارها على مستقبلنا. إن معظم المعلومات الواردة في هذا الكتاب نُشرت في المجلات العلمية، وسأقدم روابط لهذه الأوراق في نهاية الكتاب. ومع ذلك، فإن الأوراق العلمية ليست مناسبة تماماً لشرح النظريات واسعة النطاق، خاصة بطريقة يمكن أن يفهمها غير المتخصص.

لقد قسّمت الكتاب إلى ثلاثة أقسام: في القسم الأول، سأصف فيه نظريتنا حول الأُطر المرجعية، والتي نسميها نظرية الألف عقل، هذه النظرية تستند في جزء منها إلى الاستنتاج المنطقي، لذلك سأقودك في رحلة لتتعرف على ما قمنا به للوصول إلى استنتاجاتنا، وسأقدم لك أيضاً القليل من المعلومات التاريخية التي ستساعدك على معرفة كيفية ارتباط النظرية بتاريخ التفكير في الدماغ. بنهاية القسم الأول من الكتاب، آمل أن يكون لديك فهم لما يدور في رأسك عندما تفكر وتتصرف في هذا العالم، وما يعني أن تكون ذكياً.

أما القسم الثاني، فسيعرض للذكاء الآلي. ستغير الآلات الذكية القرن الحادي والعشرون بالطريقة نفسها التي غيرت فيها الحواسيب القرن العشرين. تشرح نظرية الألف عقل سبب عدم ذكاء الذكاء الاصطناعي اليوم وما نحتاج إلى القيام به لصنع آلات ذكية حقاً. سأصف كيف ستبدو الآلات الذكية في المستقبل وكيف يمكننا استخدامها، وسأشرح لماذا ستكون بعض الآلات واعية وكيف، وإن كان هناك أي شيء، يجب أن نفعله حيال ذلك. أخيراً، يشعر الكثير من الناس بالقلق من أن الآلات الذكية تشكل خطراً وجودياً، وأننا على وشك إنشاء تقنية ستدمر البشرية؛ أنا لا أتوافق مع هذا الرأي. توضح اكتشافاتنا سبب كون ذكاء الآلة جيداً بحد ذاته. ولكن، باعتباره تقنية قوية، يكمن الخطر في الطرق التي قد يستخدمها البشر بها.

في القسم الثالث من الكتاب، سنلقي نظرة على حالة الإنسان من منظور الدماغ والذكاء. يشتمل نموذج الدماغ وعلاقته بالعالم على نموذج عن أنفسنا، وهذا يقودنا إلى الحقيقة الغريبة، وهي أن ما ندركه أنا وأنت، لحظة بلحظة، هو محاكاة للعالم، وليس العالم الحقيقي. إحدى نتائج نظرية الألف عقل هي أن معتقداتنا عن العالم يمكن أن تكون خاطئة. سأشرح كيف يمكن لهذا أن يحدث، ولماذا يصعب القضاء على المعتقدات الخاطئة، وكيف تجتمع المعتقدات الخاطئة مع مشاعرنا الأكثر بدائية لتشكل تهديداً لبقائنا على المدى الطويل.

تناقش الفصول الأخيرة، ما أعتبره الخيار الأكثر أهمية الذي سنواجهه كنوع. فهناك طريقتان للتفكير في أنفسنا: إحداهما أن نفكر بأنفسنا ككائنات بيولوجية ومنتجات تطور وانتقاء طبيعي، ومن وجهة النظر هذه، يتم تحديد البشر من خلال جيناتنا، والغرض من الحياة هو تكرارها؛ لكننا الآن نخرج من ماضينا البيولوجي البحت؛ لقد أصبحنا كائنات ذكية. نحن النوع الأول على الأرض الذي يعرف حجم

الكون وعمره، ونحن النوع الأول الذي عرف كيف تطورت الأرض وكيف أصبحنا، ونحن النوع الأول الذي طوّر أدوات تسمح باستكشاف الكون ومعرفة أسراره. من وجهة النظر هذه، يتم تعريف البشر من خلال ذكائهم ومعرفتهم، وليس من خلال جيناتهم. الخيار الذي نواجهه عندما نفكر في المستقبل يكمن في السؤال التالي: هل يجب أن نستمر في الانشغال بماضينا البيولوجي أو نختار بدلاً من ذلك احتضان ذكائنا الناشئ حديثاً؟

قد لا نكون قادرين على القيام بالأمرين؛ فنحن نكتشف تقنيات قوية، يمكنها تغيير كوكبنا بشكل كبير، ويمكنها التلاعب بالبيولوجيا، وقريباً سنصنع آلات أكثر ذكاءً منا، لكننا لا نزال نمتلك السلوكيات البدائية التي أوصلتنا إلى هذه النقطة. هذا المزيج هو الخطر الوجودي الحقيقي الذي يجب علينا معالجته. إذا كنا على استعداد لتبني الذكاء والمعرفة على أنهما ما يميزنا، بدلاً من جيناتنا، فربما يمكننا إنشاء مستقبل أطول ديمومة وله هدف أكثر نبلاً.

كانت الرحلة التي أدت إلى نظرية الألف عقل طويلة ومعقدة؛ درستُ الهندسة الكهربائية في الكلية وكنت قد بدأت للتو وظيفتي الأولى في أنتل عندما قرأت مقال فرانسيس كريك. لقد أثر فيّ لدرجة أنني قررت تبديل مهنتي وتكريس حياتي لدراسة الدماغ. بعد محاولة فاشلة للحصول على منصب في دراسة الأدمغة في أنتل، تقدمت بطلب لأكون طالب دراسات عليا في مختبر الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. (شعرت أن أفضل طريقة لبناء آلات ذكية هي دراسة الدماغ أولاً). في المقابلات التي أجريتها مع أعضاء هيئة التدريس في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، رُفض اقتراحي لإنشاء آلات ذكية تعتمد على نظرية الدماغ، حيث قيل لي إن الدماغ كان مجرد حاسوب فوضوي ولا فائدة من دراسته. كان عليّ التوقف، وبعد ذلك التحقت ببرنامج الدكتوراه في علم الأعصاب في جامعة كاليفورنيا، بيركلي. بدأت دراستي في كانون الثاني 1986.

عند وصولي إلى بيركلي، تواصلت مع رئيس رابطة خريجي علم الأعصاب، الدكتور فرانك ويربلين، لاستشارته، فطلب مني كتابة ورقة أصف فيها البحث الذي أردت القيام به لأحصل بموجبه على الدكتوراه. في الورقة، شرحت أنني أريد العمل على نظرية القشرة المخية الحديثة. كنت أعلم أنني أردت التعامل مع المشكلة من خلال دراسة كيفية قيام القشرة المخية الحديثة بالتنبؤات. كان للبروفيسور ويربلين العديد من أعضاء هيئة التدريس الذين قرأوا ورقتي، وقد لقيت ترحيباً جيداً. أخبرني أن طموحاتي كانت رائعة، وأن أسلوبي كان سليماً، وكانت المشكلة التي أردت العمل عليها واحدة من أهم المشاكل في العلوم، ولكن - ولم أتوقع ذلك - لم يدرك كيف يمكّنني ذلك من متابعة حلمي في ذلك الوقت. كطالب دراسات عليا في علم الأعصاب، كان عليّ أن أعمل لدى أستاذ، وأقوم بعمل مشابه لما كان الأستاذ يعمل عليه بالفعل. ولا أحد في بيركلي، أو في أي مكان آخر يعرفه، كان يفعل شيئاً قريباً بما يكفي لما أردت القيام به.

كانت محاولة تطوير نظرية شاملة لوظائف الدماغ تعتبر طموحة للغاية، وبالتالي محفوفة بالمخاطر. إذا عمل أحد الطلاب على هذا لمدة خمس سنوات ولم يحرز تقدماً، فقد لا يتخرج، وبالمثل كان محفوفاً بالمخاطر بالنسبة للأساتذة؛ قد لا يحصلون على منصب. كما اعتقدت الوكالات التي صرفت التمويل للأبحاث أن ذلك ينطوي على مخاطرة كبيرة. لقد كانت المقترحات البحثية التي تركز على النظرية تُرفض بشكل روتيني.

كان بإمكاني العمل في معمل تجريبي، لكن بعد إجراء بعض المقابلات، علمت أنه لم يكن مناسباً لي، حيث سأقضي معظم ساعات عملي في تدريب الحيوانات، وبناء المعدات التجريبية، وجمع البيانات، وأي نظرية سأطورها ستكون مقتصرة على جزء الدماغ الذي تمت دراسته في ذلك المختبر.

على مدار العامين المقبلين، أمضيت أيامي في مكتبات الجامعة، أقرأ ورقة بحثية تلو الأخرى عن علم الأعصاب، في الحقيقة لقد قرأت المئات منها، بما في ذلك جميع الأوراق البحثية الأكثر أهمية التي نُشرت على مدار الخمسين عاماً الماضية، وقرأت أيضاً رأي علماء النفس واللغويين والرياضيين والفلاسفة حول الدماغ والذكاء. حصلت على تعليم من الدرجة الأولى، وإن كان غير تقليدي. بعد عامين من الدراسة الذاتية، كان من الضروري إجراء تغيير، فتوصلت إلى خطة: سأعمل مرة أخرى في الصناعة لمدة أربع سنوات ثم أعيد تقييم فرصي في الأوساط الأكاديمية. لذا، عدت للعمل على أجهزة الحاسوب الشخصية في السيليكون فالي.

بدأت في النجاح كرائد أعمال؛ من عام 1988 إلى عام 1992، أنشأت أحد أجهزة الحاسوب اللوحية الأولى GridPad، ثم أسست في العام 1992 Palm Computing، وبدأت فترة عشر سنوات عندما صممت بعضاً من أوائل أجهزة الحاسوب المحمولة والهواتف الذكية مثل PalmPilot وTreo. فكل من عمل معي في Palm كان يعلم أن قلبي كان في علم الأعصاب، وأنني نظرت إلى عملي في الحوسبة المتنقلة على أنه مؤقت. كان تصميم بعض أجهزة الحاسوب المحمولة والهواتف الذكية الأولى عملاً مثيراً. كنت أعلم أن المليارات من الناس سيعتمدون في النهاية على هذه الأجهزة، لكنني شعرت أن فهم الدماغ أكثر أهمية. كنت أعتقد أن نظرية الدماغ سيكون لها تأثير إيجابي أكبر على مستقبل البشرية من الحوسبة، لذلك، كنت بحاجة للعودة إلى أبحاث الدماغ.

لم يكن هناك وقت مناسب للمغادرة، لذلك حددت وقتاً، وابتعدت عن الأعمال التجارية التي ساعدت في إنشائها. بمساعدة وتحفيز عدد قليل من أصدقائي علماء الأعصاب - ولا سيما بوب نايت في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، وبرونو أولشوزن في جامعة كاليفورنيا في ديفيس، وستيف زورنيتزر في أبحاث ناسا أميس - أنشأت عام 2002 معهد ريدوود للعلوم العصبية (RNI). وفيه ركزت بشكل حصري على نظرية القشرة المخية الحديثة وخصصت للبحث عشرات العلماء المتفرغين. كنا جميعاً مهتمين بنظريات

الدماغ واسعة النطاق، وكان المعهد هو المكان الوحيد في العالم الذي لم يسمح بالتركيز على هذا الموضوع بل طلبه. على مدار السنوات الثلاث التي أدرت فيها المعهد، كان لدينا أكثر من مئة باحث زائر، بقي بعضهم لأيام أو أسابيع، وكانت لدينا محاضرات أسبوعية، مفتوحة للجمهور، والتي عادة ما تتحول إلى ساعات من النقاش والنقاش.

كل من عمل في المعهد، بمن فيهم أنا، اعتقد أن العمل كان رائعاً، حيث تعرفت إلى العديد من كبار علماء الأعصاب في العالم، وقضيت الوقت معهم. لقد سمح لي العمل في المعهد أن أصبح على دراية بمجالات متعددة من علم الأعصاب، وهو أمر يصعب القيام به في منصب أكاديمي نموذجي، ولكن المشكلة تمثلت في أنني أردت معرفة الإجابات على مجموعة من الأسئلة المحددة، ولم أرَ الفريق يتحرك نحو الإجماع على هذه الأسئلة. كان العلماء الفرديون راضين عن فعل شيء خاص بهم. لذلك، بعد ثلاث سنوات من إدارة المعهد، قررت أن أفضل طريقة لتحقيق أهدافي هي قيادة فريق البحث الخاص بي.

من الجوانب الأخرى، كان أداء المعهد جيداً، لذلك قررنا نقله إلى جامعة كاليفورنيا بيركلي. نعم، لقد وافقت الجامعة التي أخبرتني أنه لا يمكنني دراسة نظرية الدماغ، بعد تسعة عشر عاماً، أن مركز نظرية الدماغ هو بالضبط ما يحتاجون إليه. لا يزال المعهد يعمل اليوم وقد سمي مركز ردوود لعلم الأعصاب النظري.

عندما انتقل المعهد إلى جامعة كاليفورنيا في بيركلي، أنشأتُ أنا وعدة زملاء شركة نومينتا؛ وهي شركة أبحاث مستقلة، هدفها الأساسي تطوير نظرية حول كيفية عمل القشرة المخية الحديثة، أما هدفها الثانوي فهو تطبيق ما نتعلمه عن العقول على التعلم الآلي والذكاء الآلي. نومينتا تشبه مختبر أبحاث نموذجي في الجامعة، ولكن العمل فيها أكثر مرونة، يسمح لي بتوجيه فريق، والتأكد من أننا جميعاً نركز على المهمة نفسها، وتجربة أفكار جديدة كلما دعت الحاجة.

في الوقت الذي أكتب فيه هذا الكتاب، يكون قد مر على إنشاء نومينتا أكثر من خمسة عشر عاماً، ومع ذلك فإننا في بعض النواحي ما زلنا مثل شركة ناشئة، إذ إن محاولة اكتشاف كيفية عمل القشرة المخية الحديثة يمثل تحدياً كبيراً. ولإحراز أي تقدم، فنحن نحتاج إلى المرونة والتركيز في بيئة الشركات الناشئة، كما نحتاج إلى الكثير من الصبر، وهو أمر غير معتاد بالنسبة إلى الشركات الناشئة. إن أول اكتشاف مهم لنا - كيف تتوقع الخلايا العصبية - حدث في العام 2010، بعد خمس سنوات من بدئنا، ثمّ حدث اكتشاف أطر مرجعية شبيهة بالخرائط في القشرة المخية الحديثة بعد ست سنوات عام 2016.

وفي العام 2019، بدأنا العمل على مهمتنا الثانية، وهي تطبيق مبادئ الدماغ على التعلم الآلي. في ذلك العام أيضاً بدأت كتابة هذا الكتاب لمشاركة القراء ما تعلمناه.

أجد أنه من المدهش أن الشيء الوحيد في الكون الذي يعرف أن الكون موجود هو كتلة تزن ثلاث أونصات تقبع في رؤوسنا. يذكرني هذا باللغز القديم: إذا سقطت شجرة في الغابة ولم يكن هناك من يسمعها، فهل أحدث سقوطها صوتاً؟ وبالمثل، يمكننا أن نسأل: إذا جاء الكون إلى الوجود وخرج من الوجود ولم تكن هناك أدمغة تعرفه، فهل كان الكون موجوداً؟ من يعرف؟ إن بضعة مليارات من الخلايا الموجودة في جمجمتك لا تعرف فقط أن الكون موجود، بل تعرف أنه كبير وقديم. لقد تعلمت هذه الخلايا نموذجاً للعالم، وعلى حد علمنا ما تعرفه أدمغتنا لا تعرف به أدمغة أي كائنات أخرى . لقد أمضيت عمري أسعى جاهداً لفهم كيفية قيام الدماغ بذلك، وأنا متحمس لما تعلمناه.

أتمنى أن تكون متحمساً أيضاً. هيا بنا نبدأ.

الفصل الأول
الدماغ القديم - الدماغ الجديد

لفهم كيفية إنشاء الدماغ للذكاء، هناك بعض الأساسيات التي تحتاج إلى معرفتها أولاً.

بعد وقت قصير من نشر تشارلز داروين نظريته عن التطور، أدرك علماء الأحياء أن الدماغ البشري نفسه قد تطور بمرور الوقت، وأن تاريخه التطوري واضح من مجرد النظر إليه. على عكس الأنواع التي تختفي غالباً عند ظهور أنواع جديدة، فقد تطور الدماغ بإضافة أجزاء جديدة أعلى الأجزاء القديمة. على سبيل المثال، بعض أقدم وأبسط الأجهزة العصبية عبارة عن مجموعات من الخلايا العصبية التي توجد في الجزء الخلفي من الديدان الصغيرة. تسمح هذه الخلايا العصبية للدودة بإجراء حركات بسيطة، وهي سلف الحبل الشوكي لدينا، وهي مسؤولة عن العديد من حركاتنا الأساسية. بعد ذلك ظهرت كتلة من الخلايا العصبية في أحد طرفي الجسم والتي تتحكم في وظائف مثل الهضم والتنفس. هذا الكتلة هي سلف جذع الدماغ، والذي يتحكم بالمثل في عملية الهضم والتنفس. مدد جذع الدماغ ما كان موجوداً بالفعل، ولكنه لم يحلَّ محله. بمرور الوقت، نما الدماغ ليصبح قادراً على التحكم بالسلوكيات المعقدة بشكل متزايد من خلال تطوير أجزاء جديدة فوق الأجزاء القديمة. تنطبق طريقة النمو هذه على أدمغة الحيوانات الأكثر تعقيداً؛ ومن السهل معرفة سبب بقاء أجزاء الدماغ القديمة.

بغض النظر عن مدى ذكائنا وتطورنا، فإن التنفس، والأكل، والجنس، وردود الفعل الانعكاسية لا تزال ضرورية لبقائنا على قيد الحياة.

أحدث جزء من دماغنا هو القشرة المخية الحديثة، والتي تعني «طبقة خارجية جديدة». فجميع الثدييات، والثدييات فقط، لها قشرة مخية حديثة. القشرة المخية الحديثة للإنسان كبيرة بشكل خاص، وهي تشغل حوالى 70 بالمئة من حجم دماغنا. إذا كان بإمكانك إزالة القشرة المخية الحديثة من رأسك وكيها بشكل مسطح، فستكون بحجم منديل كبير للعشاء وسماكتها ضعف سماكتها أي حوالى 2.5 ملم، تلتف حول الأجزاء القديمة من الدماغ بحيث عندما تنظر إلى دماغ بشري، فإن معظم ما تراه هو القشرة المخية الحديثة ـ بطياتها وتجاعيدها المميزة ـ مع أجزاء من الدماغ القديم والحبل الشوكي بارزة من الأسفل.



القشرة المخية الحديثة

القشرة المخية الحديثة هي جهاز الذكاء؛ وكل القابليات التي نفكّر فيها على أنها ذكاء - مثل الرؤية، واللغة، والموسيقى، والرياضيات، والعلوم، والهندسة - مصدرها القشرة المخية الحديثة. عندما نفكّر في شيء ما، فإن القشرة المخية الحديثة هي التي تفكر في الغالب؛ والقشرة المخية الحديثة الخاصة بك تقرأ هذا الكتاب أو تستمع إليه، والقشرة المخية الخاصة بي تقوم بكتابة هذا الكتاب. إذا أردنا فهم الذكاء، فعلينا أن نفهم ما تفعله القشرة المخية الحديثة، وكيف تفعل ذلك.

لا يحتاج الحيوان إلى القشرة المخية الحديثة، ليعيش حياة معقدة؛ يكافئ دماغ التمساح دماغنا تقريباً، ولكن من دون القشرة المخية الحديثة المناسبة، إذ يمتلك التمساح سلوكيات متطورة، ويهتم بصغاره، ويعرف كيف يتنقل في بيئته. قد يقول معظم الناس إن التمساح لديه مستوى معين من الذكاء، ولكنه لا يُقارن بذكاء الإنسان.

تربط الألياف العصبية بين القشرة المخية الحديثة والأجزاء القديمة من الدماغ، لذلك، لا يمكننا التفكير فيهما على أنهما عضوان منفصلان تماماً. إنهما أشبه بزميلي السكن، لديهما أجندتان وشخصيتان منفصلتان، لكنهما يحتاجان إلى التعاون لإنجاز أي شيء. لا تتمتع القشرة المخية الحديثة بوضعية منصفة، لأنها لا تتحكم في السلوك بشكل مباشر؛ فبخلاف الأقسام الأخرى من الدماغ، لا تتصل أي خلية في القشرة المخية الحديثة بالعضلات مباشرة، لذلك لا يمكنها بمفردها تحريك أي عضلات. لذا، عندما تريد القشرة المخية الحديثة أن تفعل شيئاً ما، فإنها ترسل إشارة إلى الدماغ القديم، بمعنى أنها تطلب من الدماغ القديم أن يفعل ما تريده. على سبيل المثال، التنفس هو وظيفة من وظائف جذع الدماغ، ولا يتطلب تفكيراً أو مدخلات من القشرة المخية الحديثة؛ يمكن للقشرة المخية الحديثة أن تتحكم مؤقتاً في التنفس، كما هو الحال عندما تقرر بوعي حبس أنفاسك، ولكن إذا اكتشف جذع الدماغ أن جسمك يحتاج إلى مزيد من الأكسجين،

فسيتجاهل القشرة المخية الحديثة، ويستعيد السيطرة. وبالمثل، قد تقول القشرة المخية الحديثة: «لا تأكل قطعة الكعكة هذه، فهي تؤذي صحتك». ولكن إذا كانت الأجزاء الأقدم والأكثر بدائية من الدماغ تقول: «تبدو جيدة، ورائحتها طيبة، تناولها»، فقد يكون من الصعب مقاومة الكعكة. هذه المعركة بين الدماغ القديم والجديد هي موضوع أساسي لهذا الكتاب، وسيؤدي دوراً مهماً عندما نناقش المخاطر الوجودية التي تواجه البشرية.

يحتوي الدماغ القديم على عشرات الأعضاء المنفصلة، ولكل منها وظيفة محددة؛ إنها متميزة بصرياً، وتعكس أشكالها وأحجامها ووصلاتها ما تفعله. على سبيل المثال، هناك عدة أعضاء بحجم حبة البازلاء في اللوزة، وهي جزء من الدماغ القديم، وهي مسؤولة عن أنواع مختلفة من العدوان، مثل العدوان المتعمد والاندفاعي.

القشرة المخية الحديثة مختلفة بشكل مدهش. على الرغم من أنها تُشكّل ثلاثة أرباع حجم الدماغ وهي مسؤولة عن عدد لا يحصى من الوظائف المعرفية، إلا أنها لا تحتوي على انقسامات واضحة بصرياً. الطيات والتجاعيد ضرورية لتناسب القشرة المخية الحديثة في الجمجمة، على غرار ما قد تراه إذا أدخلت منديلاً في كأس نبيذ كبيرة. إذا تجاهلت التجاعيد والثنيات، فإن القشرة المخية الحديثة تبدو وكأنها صفحة واحدة كبيرة من الخلايا، من دون انقسامات واضحة.

مع ذلك، لا تزال القشرة المخية الحديثة مقسمة إلى عشرات المناطق التي تؤدي وظائف مختلفة، فبعض المناطق مسؤولة عن الرؤية، وبعضها عن السمع، وبعضها عن اللمس، وهناك مناطق مسؤولة عن اللغة والتخطيط. عندما تتلف القشرة المخية الحديثة، فإن النقص الذي ينشأ يعتمد على أي جزء من القشرة المخية الحديثة تأثر بالتلف. يؤدي تلف الجزء الخلفي من القشرة إلى العمى، وقد يؤدي تلف الجانب الأيسر إلى فقدان اللغة.

تتصل مناطق القشرة المخية الحديثة ببعضها عبر حُزم من الألياف العصبية التي تمتد تحت القشرة المخية الحديثة، وهي ما يسمى بالمادة البيضاء للدماغ. من خلال متابعة هذه الألياف العصبية بعناية، يمكن للعلماء تحديد عدد المناطق الموجودة وكيفية ارتباطها. من الصعب دراسة أدمغة الإنسان، لذلك كان أول حيوان ثديي معقد حُلل بهذه الطريقة هو قرد المكاك. في العام 1991، قام عالمان، دانيال فيلمان وديفيد فان إسن، بدمج البيانات من عشرات الدراسات المنفصلة لإنشاء رسم توضيحي شهير للقشرة المخية الحديثة لقرد المكاك.

كثيرة هي الأدلة التي تدعم تفسير التسلسل الهرمي للمخطط الانسيابي، فعلى سبيل المثال، عندما ينظر العلماء إلى الخلايا في المناطق الموجودة أسفل التسلسل الهرمي، فإنهم يرون أنها تستجيب بشكل

أفضل للسمات البسيطة، بينما تستجيب الخلايا في المنطقة التالية لميزات أكثر تعقيداً، وأحياناً يجدون خلايا في مناطق أعلى تستجيب لكائنات كاملة. مع ذلك، كثيرة هي الأدلة أيضاً التي تشير إلى أن القشرة المخية الحديثة ليست مخططاً انسيابياً، لم يتم ترتيب المناطق واحدة فوق الأخرى كما لو كانت في مخطط انسيابي. توجد مناطق متعددة في كل مستوى، وتتصل معظم المناطق بمستويات متعددة من التدرج الهرمي. في الواقع، إن غالبية الاتصالات بين المناطق لا تنسجم مع مخطط هرمي على الإطلاق، بالإضافة إلى ذلك، تعمل بعض الخلايا فقط في كل منطقة مثل أجهزة الكشف عن الميزات؛ لم يتمكن العلماء من تحديد ما تفعله غالبية الخلايا في كل منطقة.

لقد تركنا مع اللغز؛ إن العضو الخاص بالذكاء، القشرة المخية الحديثة، مقسم إلى عشرات المناطق التي تقوم بأشياء مختلفة، ولكن على السطح، تبدو جميعها متشابهة. تتصل المناطق في مزيج معقد يشبه إلى حد ما مخططاً انسيابياً، ولكنه في الغالب ليس كذلك، ولكن ليس من الواضح على الفور سبب ظهور العضو الخاص بالذكاء بهذه الطريقة.

الشيء الواضح التالي الذي يجب القيام به هو النظر داخل القشرة المخية الحديثة، لرؤية الدوائر التفصيلية داخل سمكها 2.5 مم. قد تتخيل أنه حتى لو كانت مناطق مختلفة من القشرة المخية الحديثة تبدو متشابهة من الخارج، فإن الدوائر العصبية التفصيلية التي تسبب الرؤية، واللمس، واللغة ستبدو مختلفة من الداخل. ولكن هذا ليس الحال.

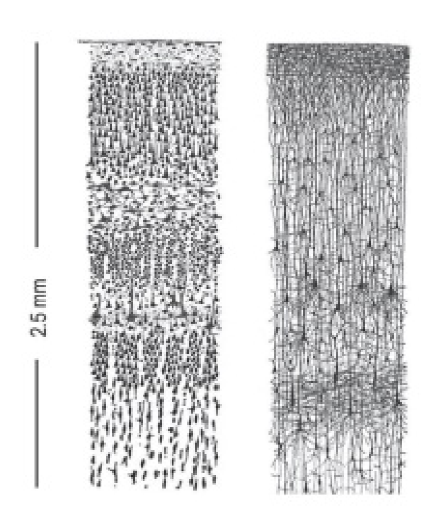
كان سانتياغو رامون واي كاجال أول شخص نظر إلى الدوائر التفصيلية داخل القشرة المخية الحديثة. في أواخر القرن التاسع عشر، تم اكتشاف تقنيات التلوين التي أتاحت رؤية الخلايا العصبية الفردية في الدماغ بواسطة المجهر. استخدم كاجال هذه البقع ليرسم صوراً لكل جزء من الدماغ، لقد ابتكر آلاف الصور التي أظهرت، للمرة الأولى، كيف تبدو الأدمغة على المستوى الخلوي. رسم كاجال كل صوره الجميلة والمعقدة للدماغ يدوياً، وحصل في النهاية على جائزة نوبل على عمله. في ما يلي رسمان رسمهما كاجال للقشرة المخية الحديثة؛ يظهر الرسم على اليسار أجسام الخلايا العصبية، ويظهر الرسم على اليمين الاتصالات بين الخلايا. تظهر هذه الصور شريحة عبر سماكة 2.5 مم من القشرة المخية الحديثة.

لقد لطخت بعض الخلايا لكي تظهر أجزاء منها. هذا جيد، لأنه إذا كانت كل الخلايا ملطخة، فكل ما سنراه هو الأسود. ضع في اعتبارك أن العدد الفعلي للخلايا العصبية أكبر بكثير مما تراه هنا.

أول شيء لاحظه كاجال وآخرون هو أن الخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة تبدو مرتبة في طبقات. الطبقات التي تعمل بالتوازي مع سطح القشرة المخية الحديثة - أفقية في الصورة - ناتجة عن

الاختلافات في حجم الخلايا العصبية ومدى قربها من التراص. تخيل أن لديك أنبوباً زجاجياً، وسكبت إنشاً واحداً من البازلاء وإنشاً من العدس وإنشاً من فول الصويا؛ فبالنظر إلى الأنبوب من الجانب سترى ثلاث طبقات؛ تستطيع أن ترى الطبقات في الصور أعلاه. يعتمد عدد الطبقات الموجودة على من يقوم بالعد والمعايير التي يستخدمها لتمييز الطبقات. رأى كاجال ست طبقات، والتفسير البسيط هو أن كل طبقة من الخلايا العصبية تفعل شيئاً مختلفاً.

نحن نعلم اليوم أن هناك عشرات الأنواع المختلفة من الخلايا العصبية



الخلايا العصبية في شريحة من القشرة المخية الحديثة

في القشرة المخية الحديثة، وليس ستة فقط. ولا يزال العلماء يستخدمون المصطلحات المكونة من ست طبقات؛ على سبيل المثال، يمكن العثور على نوع واحد من الخلايا في الطبقة الثالثة وآخر في الطبقة الخامسة. توجد الطبقة الأولى على السطح الخارجي للقشرة المخية الحديثة الأقرب إلى الجمجمة، في الجزء العلوي من رسم كاجال، أما الطبقة السادسة فهي الأقرب إلى مركز الدماغ، والأبعد عن الجمجمة. من المهم أن تضع في اعتبارك أن الطبقات ليست سوى دليل تقريبي لمكان وجود نوع معين من الخلايا العصبية، والأمر الأكثر أهمية هو ما تتصل به الخلية العصبية وكيف تتصرف. عندما تصنف الخلايا العصبية حسب اتصالها، فسنجد العشرات من الأنواع.

الملاحظة الثانية من هذه الصور هي أن معظم الاتصالات بين الخلايا العصبية تكون عمودية بين الطبقات. تحتوي الخلايا العصبية على ملحقات تشبه الشجرة تسمى المحاور والتشعبات التي تسمح لها بإرسال المعلومات إلى بعضها البعض. رأى كاجال أن معظم المحاور تعمل بين الطبقات، عمودياً على سطح القشرة المخية الحديثة؛ إلى أعلى وإلى أسفل في الصور الواردة في الأعلى. تقوم الخلايا العصبية

في بعض الطبقات بعمل اتصالات أفقية بعيدة المدى، لكن معظم الاتصالات عمودية، ما يعني أن المعلومات التي تصل إلى منطقة من القشرة المخية الحديثة تتحرك في الغالب إلى أعلى وإلى أسفل بين الطبقات قبل إرسالها إلى مكان آخر.

خلال 120 عاماً منذ رسم كاجال الدماغ للمرة الأولى، درس مئات العلماء القشرة المخية الحديثة لاكتشاف أكبر قدر ممكن من التفاصيل حول الخلايا العصبية والدوائر. هناك الآلاف من الأوراق العلمية حول هذا الموضوع، أكثر بكثير مما يمكنني تلخيصه، وبدلاً من ذلك، أود أن أبرز ثلاث ملاحظات عامة.

1. الدوائر المحلية في القشرة المخية الحديثة معقدة

تحت ملليمتر مربع واحد من القشرة المخية الحديثة - حوالى 2.5 ملليمتر مكعب - هناك ما يقارب مئة ألف خلية عصبية، وخمسمئة مليون اتصال بين الخلايا العصبية - تسمى المشابك العصبية - وعدة كيلومترات من المحاور والتشعبات. تخيل أنك تمدّ عدة كيلومترات من الأسلاك على طول طريق، ثم تحاول سحقها إلى ملليمترين مكعبين، أي بحجم حبة الأرز تقريباً. هناك العشرات من الأنواع المختلفة من الخلايا العصبية تحت كل ملليمتر مربع. يقوم كل نوع من الخلايا العصبية بعمل اتصالات نموذجية لأنواع أخرى من الخلايا العصبية. غالباً ما يصف العلماء مناطق القشرة المخية الحديثة على أنها تؤدي وظيفة بسيطة، مثل اكتشاف الميزات. ومع ذلك، لا يتطلب الأمر سوى عدد قليل من الخلايا العصبية لاكتشاف الميزات. تخبرنا الدوائر العصبية الدقيقة والمعقدة للغاية في كل مكان في القشرة المخية الحديثة أن كل منطقة تفعل شيئاً أكثر تعقيداً بكثير من اكتشاف الميزات.

2. القشرة المخية الحديثة تبدو متشابهة في كل مكان

تبدو الدوائر المعقدة للقشرة المخية الحديثة متشابهة بشكل ملحوظ في المناطق المرئية، ومناطق اللغة، ومناطق اللمس، حتى إنها تبدو متشابهة عبر الأنواع مثل الجرذان والقطط والبشر. كذلك هناك اختلافات؛ على سبيل المثال، تحتوي بعض مناطق القشرة المخية الحديثة على عدد أكبر من الخلايا المعينة وأقل من الخلايا الأخرى، وهناك بعض المناطق التي تحتوي على نوع خلية إضافي غير موجود في أي مكان آخر. لذا نفترض، أنه مهما تكن هذه المناطق من القشرة المخية الحديثة فهي تستفيد من هذه الاختلافات. لكن بشكل عام، الاختلافات بين المناطق قليلة نسبياً مقارنة بأوجه التشابه.

3. كل جزء من القشرة المخية الحديثة يولّد حركة

لفترة طويلة، ساد الاعتقاد بأن المعلومات دخلت إلى القشرة المخية الحديثة عبر «المناطق الحسية»، وارتفعت إلى أعلى وأسفل في التسلسل الهرمي للمناطق، ثم هبطت أخيراً إلى «المنطقة الحركية». تُسقط الخلايا في المنطقة الحركية على الخلايا العصبية في النخاع الشوكي التي تحرك العضلات والأطراف؛ لكننا نعلم الآن أن هذا الوصف مضلل؛ ففي كل منطقة فحصها العلماء، وجدوا خلايا تُسقط على جزء من الدماغ القديم مرتبط بالحركة. على سبيل المثال، ترسل المناطق المرئية التي تحصل على مدخلات من العين إشارة إلى الجزء من الدماغ القديم المسؤول عن تحريك العينين، بالمثل، فإن المناطق السمعية التي تحصل على مدخلات من الأذنين تتجه إلى جزء الدماغ القديم الذي يحرك الرأس. تحريك رأسك يغير ما تسمعه، على غرار الطريقة التي يغير بها تحريك عينيك ما تراه. لذلك تشير الأدلة التي نمتلكها إلى أن الدوائر المعقدة التي نراها في كل مكان في القشرة المخية الحديثة تؤدي مهمة حركية حسية، لا توجد مناطق حركية نقية ولا مناطق حسية نقية.

خلاصة القول، إن القشرة المخية الحديثة هي العضو المعني بالذكاء؛ إنها صفحة بحجم منديل من الأنسجة العصبية مقسمة إلى عشرات المناطق. هناك مناطق مسؤولة عن الرؤية، والسمع، واللمس، واللغة، وهناك مناطق ليس من السهل تصنيفها وهي مسؤولة عن التفكير والتخطيط رفيعَي المستوى. ترتبط المناطق ببعضها بواسطة حزم من الألياف العصبية. بعض الروابط بين المناطق هرمية، وهذا يشير إلى أن المعلومات تتدفق من منطقة إلى أخرى بطريقة منظمة، ولكن هناك روابط أخرى بين المناطق يبدو أنها قليلة الترتيب، وهذا يشير إلى أن المعلومات تنتقل في كل مكان مرة واحدة. تبدو جميع المناطق، بغض النظر عن الوظيفة التي تؤديها، متشابهة في تفاصيلها مع سائر المناطق.

في الفصل التالي، سنلتقي بالشخص الأول الذي فهم هذه الملاحظات

* * *

أظن الوقت مناسباً الآن، لقول بضع كلمات عن أسلوب الكتابة في هذا الكتاب؛ فأنا أكتب لقارئ عادي فضولي، وهدفي هو نقل كل ما تحتاج إلى معرفته لفهم النظرية الجديدة، ولكن ليس أكثر من ذلك بكثير. أفترض أن معظم القراء سيكون لديهم معرفة مسبقة محدودة بعلم الأعصاب. مع ذلك، إذا كانت لديك خلفية في علم الأعصاب، فستعرف أين أحذف التفاصيل وأبسّط الموضوعات المعقدة؛ إذا كان هذا ينطبق عليك، فأنا أطلب تفهمك. توجد قائمة قراءة في نهاية الكتاب، حيث أناقش مكان العثور على مزيد من التفاصيل لأولئك المهتمين.

الفصل الثاني
الفكرة الكبيرة لفيرنون ماونتكاسل

العقل اليقظ هو كتاب صغير، لا يزيد عدد صفحاته عن المئة. نُشر في العام 1978، وهو يحتوي على مقالتين حول الدماغ كتبهما اثنان من أبرز العلماء، ولا تزال إحدى المقالتين التي كتبها فيرنون ماونتكاسل، عالم الأعصاب بجامعة جونز هوبكنز، واحدة من أكثر الدراسات شهرة وأهمية على الإطلاق حول الدماغ. اقترح ماونتكاسل طريقة أنيقة للتفكير في الدماغ - سمة مميزة للنظريات العظيمة - ولكنها أيضاً مفاجئة للغاية لدرجة أنها تواصل استقطاب مجتمع علم الأعصاب.

في العام 1982 قرأت كتاب العقل اليقظ للمرة الأولى، وكان لمقالة ماونتكاسل تأثير فوري وعميق عليّ، وكما سترون، فقد أثر اقتراحه بشدة على النظرية التي أعرضها في هذا الكتاب.

كتابات ماونتكاسل دقيقة وتظهر مقداراً واسعاً من المعرفة، ولكنها أيضاً صعبة القراءة. عنوان مقالته هو «المبدأ التنظيمي لوظيفة الدماغ: وحدة القياس والنظام الموزع». إن السطور الأولى من المقالة عصية على الفهم، وسأوردها في ما يلي حتى يكون لدى القارئ فكرة عما يواجهه قارئ المقالة من صعوبة.

يمكن أن يكون هناك القليل من الشك في التأثير المهيمن للثورة الداروينية في منتصف القرن التاسع عشر على مفاهيم بنية ووظيفة الجهاز العصبي.

كانت أفكار سبنسر، وجاكسون وشيرينغتون وغيرهم الذين تبعوها متجذرة في النظرية التطورية التي تفيد أن الدماغ يتطور في نسالة من خلال الإضافة المتتالية لمزيد من أجزاء السيفالاد. في هذه النظرية، كانت كل إضافة أو زيادة جديدة مصحوبة بتوضيح سلوك أكثر تعقيداً، وفي الوقت نفسه، فرضت تنظيماً على أجزاء أكثر ذيلية وأكثر بدائية وعلى السلوك الأولي الذي تتحكم به.

ما يقوله ماونتكاسل في هذه الجمل الثلاث الأولى هو أن الدماغ نما بشكل كبير بمرور الوقت التطوري عن طريق إضافة أجزاء جديدة إلى الدماغ فوق أجزاء الدماغ القديمة. تتحكم الأجزاء القديمة في

سلوكيات أكثر بدائية بينما تبتكر الأجزاء الأحدث سلوكيات أكثر تعقيداً. آمل أن يبدو هذا مألوفاً، حيث ناقشت هذه الفكرة في الفصل السابق.

أياً يكن الأمر، لا يكف ماونتكاسل عن القول إنه في الوقت الذي نما فيه جزء كبير من الدماغ عن طريق إضافة أجزاء جديدة فوق الأجزاء القديمة، فإن هذه ليست الطريقة التي نمت بها القشرة المخية الحديثة لتشكل في النهاية ما نسبته 70 بالمئة من أدمغتنا، فالقشرة المخية الحديثة ما كانت لتصبح بالحجم الذي هي عليه، ما لم تقم بإنشاء نُسخ عديدة من الشيء نفسه: دائرة أساسية. تخيل مشاهدة مقطع فيديو لدماغنا وهو يتطور؛ يبدأ الدماغ صغيراً، ثم تظهر قطعة جديدة في أحد طرفيه، ثم تظهر قطعة أخرى فوقها، ثم يتم إلحاق قطعة أخرى فوق القطعتين السابقتين. في مرحلة ما، منذ ملايين السنين، ظهرت قطعة جديدة وهي التي نطلق عليها اليوم القشرة المخية الحديثة. في البدء، كانت القشرة المخية الجديدة صغيرة، ثم نمت وكبرت، ليس عن طريق إنشاء أي شيء جديد، ولكن عن طريق نسخ دائرة أساسية مراراً وتكراراً. مع نمو القشرة المخية الحديثة، أصبحت تشغل مساحة أكبر، ولكنها لم تصبح أكثر سماكة. جادل ماونتكاسل بأنه على الرغم من أن القشرة المخية الحديثة للإنسان أكبر بكثير من القشرة المخية الحديثة للجرذ أو الكلب، إلا أنها كلها مصنوعة من العنصر نفسه؛ لدينا نسخ أكثر من ذلك العنصر.

تذكرني مقالة ماونتكاسل بكتاب تشارلز داروين عن أصل الأنواع؛ لقد شعر داروين بالقلق من أن نظريته في التطور قد تسبب ضجة، لذلك، ضمّن كتابه كثيراً من المواد غير المثيرة للاهتمام نسبياً حول الاختلاف في مملكة الحيوان قبل أن يصف أخيراً نظريته في النهاية. حتى في ذلك الوقت، لم يقل صراحة أبداً أن التطور ينطبق على البشر. عندما قرأت مقالة ماونتكاسل، كان لديّ انطباع مماثل؛ فقد بدا الأمر كما لو أن ماونتكاسل يعرف أن اقتراحه سيلقى معارضة، لذلك تعمد توخي الحذر في ما كتبه، وإليكم اقتباس ثانٍ من مقالة ماونتكاسل:

بكلمات مختصرة، لا يوجد شيء حركي جوهري في القشرة الحركية، ولا يوجد شيء حسي في القشرة الحسية. وبالتالي، فإن توضيح طريقة عمل الدائرة المعيارية المحلية في أي مكان في القشرة المخية الحديثة سيكون ذا أهمية عامة كبيرة.

في الاقتباس السابق، يلخص ماونتكاسل الفكرة الرئيسية التي طرحها في مقالته، فهو يقول إن كل جزء من القشرة المخية الحديثة يعمل وفق المبدأ نفسه، كل الأشياء التي نفكر فيها على أنها ذكاء - من الرؤية، إلى اللمس، إلى اللغة، إلى التفكير عالي المستوى - هي الشيء نفسه في الأساس.

تذكر أن القشرة المخية الحديثة مقسمة إلى عشرات المناطق، ولكن كل منطقة منها تؤدي وظيفة مختلفة. إذا نظرت إلى القشرة المخية الحديثة من الخارج، فلا يمكنك رؤية المناطق؛ والأمر مماثل لما

تكشفه صور الأقمار الصناعية لسطح الأرض، فهي لا تظهر الحدود السياسية التي تفصل بين الدول. ولكن إذا قصصت القشرة المخية الحديثة، فسترى بنية معقدة ومفصلة. مع ذلك، تبدو التفاصيل متشابهة بغض النظر عن المنطقة التي تقصها من القشرة. تبدو شريحة القشرة المسؤولة عن الرؤية مثل شريحة القشرة المسؤولة عن اللمس، والتي تبدو مثل شريحة القشرة المسؤولة عن اللغة.

اقترح ماونتكاسل أن السبب وراء تشابه المناطق هو أنها تقوم جميعها بالأمر نفسه، فالاختلاف بينها لا يتعلق بوظيفتها الجوهرية بل بما تربط بينه، فإذا وصّلت منطقة قشرية بالعينين، تحصل على الرؤية؛ وإذا وصّلت المنطقة القشرية نفسها بالأذنين، فستسمع؛ وإذا وصّلت مناطق بمناطق أخرى، فستحصل على قدر أكبر من التفكير، مثل اللغة. يشير ماونتكاسل إلى أنه إذا تمكنا من اكتشاف الوظيفة الأساسية لأي جزء من القشرة المخية الحديثة، فسنفهم كيف يعمل الشيء بأكمله.

إن فكرة ماونتكاسل مدهشة وعميقة وهي من حيث الأهمية شبيهة باكتشاف داروين للتطور، حيث اقترح داروين آلية - خوارزمية، إذا صح التعبير - تشرح التنوع المذهل للحياة. ما يبدو على السطح أنه العديد من الحيوانات والنباتات المختلفة، وأنواع عديدة من الكائنات الحية، هو في الواقع مظاهر لنفس الخوارزمية التطورية الأساسية. بدوره، اقترح ماونتكاسل أن كل الأشياء التي نربطها بالذكاء، والتي تبدو على السطح مختلفة، هي في الواقع مظاهر لنفس الخوارزمية القشرية الأساسية؛ آمل أن تقدر مدى ثورية اقتراح ماونتكاسل. اقترح داروين أن تنوع الحياة يرجع إلى خوارزمية أساسية واحدة، واقترح ماونتكاسل أن تنوع الذكاء يرجع أيضاً إلى خوارزمية أساسية واحدة.

مثل العديد من الأشياء ذات الأهمية التاريخية، هناك بعض الجدل حول ما إذا كان ماونتكاسل هو أول شخص اقترح هذه الفكرة. من خلال تجربتي يمكنني القول إن كل فكرة لها أساس سابق على الأقل، ولكن على حدّ علمي، كان ماونتكاسل أول شخص وضع بوضوح ودقة الحجة من أجل خوارزمية قشرية مشتركة.

تختلف مقترحات ماونتكاسل وداروين بطريقة واحدة مثيرة للاهتمام؛ لقد عرف داروين ماهية الخوارزمية: يعتمد التطور على التباين العشوائي والاختيار الطبيعي. ومع ذلك، لم يكن يعرف مكان الخوارزمية في الجسم، ولم يكن هذا معروفاً حتى اكتشاف الحمض النووي بعد سنوات عديدة. على النقيض من ذلك، لم يكن ماونتكاسل يعرف ما هي الخوارزمية القشرية، ولم يكن يعرف ما هي مبادئ الذكاء، لكنه كان يعرف مكان وجود هذه الخوارزمية في الدماغ.

حسناً، ماذا قال ماونتكاسل بشأن موقع الخوارزمية القشرية؟ قال إن الوحدة الأساسية في القشرة المخية الحديثة، وحدة الذكاء، كانت «العمود القشري». بالنظر إلى سطح القشرة المخية الحديثة، يحتل

العمود القشري حوالى ملليمتر مربع واحد. يمتد من خلال سماكة 2.5 مم بالكامل، وهذا يمنحه حجماً من 2. مم مكعب. وفقاً لهذا التعريف، يوجد ما يقارب مئة وخمسين ألف عمود قشري مكدس جنباً إلى جنب في القشرة المخية الحديثة للإنسان. يمكنك أن تتخيل أن العمود القشري يشبه قطعة صغيرة من السباغيتي الرفيعة؛ حيث تشبه القشرة المخية الحديثة للإنسان مئة وخمسين ألف قطعة قصيرة من السباغيتي مكدسة عمودياً إلى جانب بعضها.

يختلف عرض الأعمدة القشرية من نوع إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى، فعلى سبيل المثال، لدى الفئران والجرذان، هناك عمود قشري واحد لكل شعيرات؛ يبلغ قطر هذه الأعمدة حوالى نصف ملليمتر، فلدى القطط، يبدو أن قطر أعمدة الرؤية يبلغ حوالى ملليمتر واحد؛ ليس لدينا الكثير من البيانات حول حجم الأعمدة في دماغ الإنسان. وللتبسيط، سأستمر في الإشارة إلى الأعمدة على أنها ملليمتر مربع واحد، وهذا ما يمنح كل واحد منا حوالى مئة وخمسين ألف عمود قشري. على الرغم من أن الرقم الفعلي سيختلف على الأرجح عن هذا، إلا أنه لن يحدث فرقاً في معرض حديثنا هنا.

الأعمدة القشرية غير مرئية تحت المجهر، مع استثناءات قليلة، لا توجد حدود واضحة بينها. يعرف العلماء أنها موجودة لأن جميع الخلايا الموجودة في عمود واحد ستستجيب للجزء نفسه من شبكية العين، أو البقعة نفسها من الجلد، ولكن بعد ذلك ستستجيب جميع الخلايا الموجودة في العمود التالي لجزء مختلف من الشبكية أو بقعة مختلفة من الشبكية. هذا التجميع من الردود هو ما يحدد العمود الذي يُرى في كل مكان في القشرة المخية الحديثة، لقد أشار ماونتكاسل إلى أن كل عمود مقسم كذلك إلى عدة مئات من «الأعمدة الصغيرة». إذا كان العمود القشري يشبه قطعة رفيعة من السباغيتي، فيمكنك تصور الأعمدة الصغيرة على أنها خيوط رفيعة، مثل واحدة من الشعر الفردية، مكدسة جنباً إلى جنب داخل قطعة السباغيتي. يحتوي كل عمود صغير على ما يزيد قليلاً عن مئة خلية عصبية تغطي جميع الطبقات. على عكس العمود القشري الأكبر، تكون الأعمدة الصغيرة مميزة، ويمكن رؤيتها غالباً باستخدام المجهر.

لم يكن ماونتكاسل يعرفه ولم يقترح ما تفعله الأعمدة أو الأعمدة الصغيرة. لقد اقترح فقط أن كل الأعمدة تقوم بالشيء نفسه، وأن الأعمدة الصغيرة هي مكون فرعي مهم.

دعونا نرَ؛ إن القشرة المخية الحديثة هي صفحة من الأنسجة بحجم منديل كبير، وهي مقسمة إلى عشرات المناطق التي تقوم بأشياء مختلفة، وكل منطقة مقسمة إلى آلاف الأعمدة، يتكون كل عمود من عدة مئات من الأعمدة الصغيرة التي تشبه الشعر، والتي تتكون كل واحدة منها بما يزيد قليلاً عن مئة خلية. اقترح ماونتكاسل أن كل الأعمدة والأعمدة المصغرة في شتى أنحاء القشرة المخية الحديثة تؤدي الوظيفة نفسها: تنفيذ خوارزمية أساسية مسؤولة عن كل جانب من جوانب الإدراك والذكاء.

بنى ماونتكاسل اقتراحه لخوارزمية عالمية على عدة أسطر من الأدلة؛ أولاً، كما ذكرت سابقاً، إن الدوائر التفصيلية التي تُرى في كل مكان في القشرة المخية الحديثة متشابهة بشكل ملحوظ، إذا عرضت عليك شريحتين من السيليكون بتصميمات دوائر متطابقة تقريباً، فسيكون من الآمن افتراض أنهما تؤديان وظائف متطابقة تقريباً، وهذا ما ينطبق أيضاً على الدوائر التفصيلية للقشرة المخية الحديثة. ثانياً، إن التوسع الكبير في القشرة المخية الحديثة للإنسان الحديث بالنسبة إلى أسلافنا البشريين حدث سريعاً في زمن التطور، خلال بضعة ملايين من السنوات فقط، ربما لا يكون هذا وقتاً كافياً لاكتشاف التطور للعديد من القدرات المعقدة الجديدة، ولكن هناك كثير من الوقت للتطور لعمل نسخ أكثر من الشيء نفسه. ثالثاً، هو أن وظيفة مناطق القشرة المخية الحديثة ليست ثابتة. على سبيل المثال، لدى الأشخاص المصابين بالعمى الخلقي، لا تحصل المناطق المرئية في القشرة المخية الحديثة على معلومات مفيدة من العين، قد تقوم هذه المناطق بعد ذلك بأدوار جديدة تتعلق بالسمع أو اللمس. أخيراً، هناك حجة المرونة الشديدة، حيث يمكن للبشر أن يفعلوا أشياء كثيرة لم يكن من أجلها ضغط تطوري. على سبيل المثال، لم تتطور أدمغتنا لبرمجة أجهزة الحاسوب أو صنع الآيس كريم؛ فكلاهما اختراعان حديثان. تخبرنا حقيقة قدرتنا على القيام بهذه الأشياء أن الدماغ يعتمد على طريقة عامة للتعلم. بالنسبة إليّ، هذه الحجة الأخيرة هي الأكثر أهمية؛ القدرة على تعلم أي شيء عملياً تتطلب من الدماغ العمل على مبدأ عالمي.

هناك المزيد من الأدلة التي تدعم اقتراح ماونتكاسل، لكن على الرغم من ذلك، كانت فكرته مثيرة للجدل عندما قدمها، ولا تزال مثيرة للجدل إلى حدّ ما حتى اليوم. أعتقد أن هناك سببين مرتبطين؛ أحدهما أن ماونتكاسل لم يكن يعرف ما الذي يفعله العمود القشري، فقد قدم ادعاءً مفاجئاً مبنياً على الكثير من الأدلة الظرفية، لكنه لم يقترح كيف يمكن لعمود قشري أن يفعل كل الأشياء التي نربطها بالذكاء، والسبب الآخر هو أن الآثار المترتبة على اقتراحه يصعب على بعض الناس تصديقها. على سبيل المثال، قد تجد صعوبة في قبول أن الرؤية واللغة متماثلان في الأساس. نظراً لهذه الشكوك، يرفض بعض العلماء اقتراح ماونتكاسل بالإشارة إلى وجود اختلافات بين مناطق القشرة المخية الحديثة، فالاختلافات بسيطة نسبياً مقارنة بأوجه التشابه، لكن إذا ركّزت عليها يمكنك القول إن مناطق مختلفة من القشرة المخية الحديثة ليست متشابهة.

يحتل اقتراح ماونتكاسل في علم الأعصاب المكانة التي تحتلها الكأس المقدسة؛ بغض النظر عن الحيوان أو أي جزء من الدماغ يدرسه عالم الأعصاب، في مكان ما، بشكل علني أو خفي، يريد جميع علماء الأعصاب تقريباً فهم كيفية عمل الدماغ البشري. وهذا يعني فهم كيفية عمل القشرة المخية الحديثة. وهذا يتطلب فهم ما يفعله العمود القشري. في النهاية، يتلخص سعينا لفهم الدماغ والذكاء في معرفة ما يفعله العمود القشري وكيف يفعله، فالأعمدة القشرية ليست اللغز الوحيد للدماغ أو اللغز الوحيد المتعلق بالقشرة المخية الحديثة، لكن فهم العمود القشري هو أكبر وأهم قطعة في اللغز.

* * *

في العام 2005، دعيت لإلقاء محاضرة حول بحثنا في جامعة جونز هوبكنز، حيث تحدثت عن سعينا لفهم القشرة المخية الحديثة، وكيف كنا نتعامل مع المشكلة، والتقدم الذي أحرزناه. بعد إلقاء محاضرة مثل هذه، غالباً ما يلتقي المتحدث بأعضاء هيئة التدريس، وفي هذه الرحلة، كانت زيارتي الأخيرة إلى فيرنون ماونتكاسل وعميد قسمه. شعرت بالفخر لمقابلة الرجل الذي قدّم الكثير من البصيرة والإلهام لحياتي. في مرحلة ما أثناء محادثتنا، قال ماونتكاسل، الذي حضر محاضرتي، إنه يجب أن آتي للعمل في جونز هوبكنز، وأنه سيخصص لي مادة أقوم بتدريسها. لم يكن عرضه متوقعاً ولم يكن عادياً، ولذلك لم أتمكن من التفكير في الأمر بجدية نظراً لالتزاماتي العائلية والتجارية في كاليفورنيا، لكنني فكرت مرة أخرى في العام 1986، عندما تم رفض اقتراحي لدراسة القشرة المخية الحديثة من قبل جامعة كاليفورنيا في بيركلي. كيف كنت سأقفز لقبول عرضه في ذلك الوقت؟

قبل مغادرتي، طلبت من ماونتكاسل التوقيع على نسختي من كتاب العقل اليقظ، وعندما غادرت، كنت سعيداً وحزيناً. كنت سعيداً لمقابلته، وشعرت بالارتياح لأنه كان يشيد بي، وشعرت بالحزن عندما علمت أنه من الممكن ألا أراه مرة أخرى. حتى لو نجحت في مهمتي، فقد لا أتمكن من مشاركة ما تعلمته معه والحصول على مساعدته وتعليقاته، وعندما مشيت إلى سيارة الأجرة الخاصة بي، شعرت بالعزم على إكمال مهمته

الفصل الثالث
نموذج للعالم في رأسك

قد يبدو لك ما يفعله الدماغ واضحاً، إذ يحصل الدماغ على مدخلات من مستشعراته، ويعالج تلك المدخلات، ثم يتصرف. في النهاية، إن الطريقة التي يتفاعل فيها الحيوان مع ما يستشعره يحدد نجاحه أو فشله، من المؤكد أن التخطيط المباشر من المدخلات الحسية إلى العمل ينطبق على بعض أجزاء الدماغ. على سبيل المثال، سيؤدي لمس سطح ساخن عن طريق الخطأ إلى تراجع انعكاسي للذراع؛ تقع دائرة التقدم والتراجع المسؤولة عن ذلك في الحبل الشوكي. لكن، ماذا عن القشرة المخية الحديثة؟ هل يمكننا القول باختصار إن مهمة القشرة المخية الحديثة هي أخذ مدخلات من أجهزة الاستشعار ثم التصرف على الفور؟ الجواب لا.

أنت تقرأ أو تستمع إلى هذا الكتاب ولا يتسبب في أي إجراءات فورية باستثناء قلب الصفحات أو لمس الشاشة. تتدفق آلاف الكلمات إلى القشرة المخية الحديثة الخاصة بك، وفي الغالب لا تتصرف بناءً عليها. ربما ستتصرف لاحقاً بشكل مختلف لأنك قرأت هذا الكتاب، وربما ستجري محادثات مستقبلية حول نظرية الدماغ ومستقبل البشرية لم تكن لتجريها لو لم تقرأ هذا الكتاب، وربما ستتأثر أفكارك المستقبلية والخيارات التي ستقدم عليها بكلماتي، وربما ستعمل على إنشاء آلات ذكية تعتمد على مبادئ الدماغ، وستلهمك كلماتي في هذا الاتجاه؛ لكن الآن، أنت تكتفي بالقراءة.

إذا أصررنا على وصف القشرة المخية الحديثة على أنها نظام إدخال وإخراج، فإن أفضل ما يمكننا قوله هو إن القشرة المخية الحديثة تحصل على الكثير من المدخلات، وتتعلم من هذه المدخلات، وبعد ذلك، ربما بعد ساعات، وربما سنوات، ستعمل بشكل مختلف بناءً على هذه المدخلات السابقة.

منذ اللحظة التي أصبحت فيها مهتماً بكيفية عمل الدماغ، أدركت أن التفكير في القشرة المخية الحديثة كنظام من المدخلات إلى المخرجات لن يكون مثمراً. لحسن الحظ، عندما كنت طالب دراسات عليا في بيركلي، كانت لديّ نظرة ثاقبة، قادتني إلى مسار مختلف وأكثر نجاحاً؛ كنت في المنزل، أعمل في مكتبي، وكان هناك عشرات الأشياء على المكتب وفي الغرفة، وأدركت أنه إذا تغير أي من هذه الأشياء،

حتى وإن بالحدّ الأدنى، فسوف ألاحظ ذلك. لطالما كان الكوب الذي أضع فيه القلم على الجانب الأيمن من الطاولة، وإذا وجدته يوماً ما على الجانب الأيسر سألاحظ ذلك التغيير، وأتساءل عمن نقله. إذا تغير طول الدباسة، فسوف ألاحظ ذلك؛ سألاحظ التغيير إذا لمست الدباسة أو إذا نظرت إليها. حتى إنني قد ألاحظ ما إذا كانت الدباسة تصدر صوتاً مختلفاً عند استخدامها، وإذا تغير نمط الساعة المعلقة على الحائط أو موقعها، فسوف ألاحظ ذلك. إذا تحرك المؤشر على شاشة الحاسوب إلى اليسار عندما أُحرك الفأرة إلى اليمين، فسأدرك على الفور أن هناك شيئاً خاطئاً. ما أدهشني هو أنني سألاحظ هذه التغييرات حتى لو لم أكن أحضر هذه الأشياء. عندما نظرت في أرجاء الغرفة، لم أسأل: «هل الدباسة هي بالطول الصحيح؟»، ولم أفكر، «تحقق لتتأكد من أن العقرب الذي يشير إلى الساعات لا يزال أقصر من العقرب الذي يشير إلى الدقائق». لأن التغييرات التي ستطرأ على الوضع الطبيعي ستظهر في رأسي، وبعد ذلك ستلفت انتباهي إليها. كان هناك حرفياً الآلاف من التغييرات المحتملة في بيئتي والتي سيلاحظها عقلي تقريباً على الفور.

لم يكن هناك سوى تفسير واحد يمكنني التفكير فيه؛ كان عقلي، وتحديداً القشرة المخية الحديثة، يقوم بتوقعات متزامنة متعددة لما كان على وشك رؤيته، وسماعه، والشعور به. في كل مرة حرّكت فيها عينيّ، كانت قشرتي المخية الحديثة تتوقع ما أوشك على رؤيته. في كل مرة ألتقط شيئاً ما، كانت قشرتي المخية الحديثة تتوقع ما يجب أن يشعر به كل إصبع، وكل إجراء قمت به أدى إلى توقعات بما يجب أن أسمعه، لقد توقع عقلي أصغر المحفزات، مثل ملمس مقبض فنجان القهوة، والأفكار المفاهيمية الكبيرة، مثل الشهر الصحيح الذي يجب عرضه في التقويم. حدثت هذه التوقعات في كل طريقة حسية، للسمات الحسية منخفضة المستوى والمفاهيم عالية المستوى، والتي أخبرتني أن كل جزء من القشرة المخية الحديثة، وبالتالي كل عمود قشري، كان يتوقع. التوقع هو الوظيفة التي تقوم بها القشرة المخية الحديثة.

في ذلك الوقت، وصف عدد قليل من علماء الأعصاب الدماغ بأنه آلة توقع، سيكون التركيز على كيفية قيام القشرة المخية الحديثة بالعديد من التوقعات المتوازية طريقة جديدة لدراسة كيفية عملها. كنت أعلم أن ذلك لم يكن الشيء الوحيد الذي تقوم به القشرة المخية الحديثة، لكنه يمثل طريقة منهجية لمهاجمة ألغاز العمود القشري. يمكنني أن أطرح أسئلة محددة حول كيفية قيام الخلايا العصبية بالتوقع في ظل ظروف مختلفة، وقد تكشف الإجابات عن هذه الأسئلة ما تفعله الأعمدة القشرية، وكيف تفعل ذلك.

حتى تتمكن القشرة من أن تتوقع، يجب على الدماغ أن يتعلم ما هو طبيعي؛ أي ما يجب توقعه بناءً على التجربة السابقة. كتابي السابق، عن الذكاء، تمحورت فكرته الرئيسية حول استكشاف فكرة التعلم والتوقع. في هذا الكتاب، استخدمت عبارة «إطار عمل توقع الذاكرة» لوصف الفكرة الكلية، وكتبت عن الآثار التي تترتب على التفكير في الدماغ بهذه الطريقة. لقد جادلت أنه من خلال دراسة كيفية قيام القشرة المخية الحديثة بالتوقعات، سنتمكن من اكتشاف الطريقة التي تعمل بها.

اليوم لم أعد أستخدم عبارة «إطار عمل توقع الذاكرة». ولكنني أصف الفكرة بالقول إن القشرة المخية الحديثة تتعلم نموذجاً عن العالم، وتتوقع بناء لهذا النموذج. إنني أُفضل كلمة «نموذج» لأنها تصف بدقة أكبر نوع المعلومات التي تتعلمها القشرة المخية الحديثة. على سبيل المثال، لدى عقلي نموذج لدباسة، يشتمل نموذج الدباسة على شكلها، والأصوات التي تصدرها عند استخدامها. يتضمن نموذج الدماغ للعالم مكان وجود الأشياء، وكيف تتغير عندما نتفاعل معها. على سبيل المثال، يشتمل نموذجي الخاص بالدباسة على كيفية تحرك الجزء العلوي من الدباسة بالنسبة إلى الجزء السفلي، وكيفية خروج الدبابيس عند الضغط على الجزء العلوي منها، قد تبدو هذه الإجراءات بسيطة، لكننا لم نولد ونحن نمتلك هذه المعرفة، بل تعلمناها في مرحلة ما من حياتنا، وهي الآن مخزنة في قسم ما من القشرة المخية الحديثة الخاصة بصاحب كل تجربة.

يبتكر الدماغ نموذجاً يتوقع وفقه، وهذا يعني أن الدماغ يتوقع على الدوام ما هي المدخلات، فالتوقع هو خاصية جوهرية لا تتوقف أبداً، وهي تؤدي دوراً أساسياً في التعلم. عندما يتم التحقق من توقعات الدماغ، فهذا يعني أن نموذج الدماغ للعالم دقيق، وبناء على ما تقدم، يتسبب التوقع الخاطئ في الانتباه إلى الخطأ، وهذا ما يُحدّث النموذج.

نحن لا ندرك الغالبية العظمى من هذه التوقعات ما لم تكن المدخلات إلى الدماغ غير متطابقة. عندما أتواصل بشكل عرضي لأخذ فنجان قهوتي، لا أعلم أن عقلي يتوقع بما سيشعر به كل إصبع، ومدى ثقل الفنجان ودرجة حرارته، والصوت الذي سيصدره عندما أضعه مرة أخرى على مكتبي، لكن إذا بدا لي فجأة أنه أثقل، أو أبرد فسألاحظ ذلك التغيير. نحن على ثقة بأن هذه التوقعات تحصل فعلاً لأننا نلاحظ تغييراً طفيفاً في أي من هذه المدخلات. ولكن عندما يكون التوقع صحيحاً، كما هو الحال في معظم الأحيان، فلن نلاحظ ذلك أبداً.

عندما نولد، تكون القشرة المخية الحديثة خالية من المعرفة تقريباً، فأنت لا تعرف معنى الكلمات، أو المباني، أو كيفية استخدام الحاسوب، أو ما هو الباب وكيف يتحرك على المفصلات؛ يجب أن تتعلم أشياء لا حصر لها. الهيكل العام للقشرة المخية الحديثة ليس عشوائياً، فجيناتنا هي التي تحدد حجمها وعدد مناطقها، وكيفية ارتباطها ببعضها إلى حدّ كبير. على سبيل المثال، تحدد الجينات أجزاء القشرة المخية الحديثة المتصلة بالعينين، والأجزاء الأخرى المتصلة بالأذنين، وكيف تتصل هذه الأجزاء ببعضها البعض. لذلك، يمكننا القول إن القشرة المخية الحديثة تتشكل عند الولادة لترى وتسمع بل وتتعلم اللغة. ولكن من الصحيح أيضاً أن القشرة المخية الحديثة لا تعرف ماذا سترى وما ستسمع، وما هي اللغات المحددة التي قد تتعلمها. يمكننا أن نفكر في القشرة المخية الحديثة على أنها بداية للحياة لها بعض الافتراضات المضمنة حول العالم، ولكن لا نعرف شيئاً على وجه الخصوص. من خلال التجربة، تتعلم

نموذجاً غنياً ومعقداً للعالم.

عدد الأشياء التي تتعلمها القشرة المخية الحديثة ضخم؛ أنا جالس في غرفة فيها مئات الأشياء، سأختار شيئاً واحداً بشكل عشوائي: طابعة. لقد تعلمت نموذجاً للطابعة يشتمل على درج ورق، وكيف يتحرك الدرج داخل وخارج الطابعة، وأنا أعرف كيفية تغيير حجم الورق، وكيفية فك رزمة جديدة ووضعها في الدرج، وأعرف الخطوات التي يتعين عليّ اتباعها لإزالة انحشار الورق، وأعلم أيضاً أن سلك الطاقة به قابس على شكل D في أحد طرفيه، وأنه لا يمكن إدخاله إلا في اتجاه واحد، وأعرف صوت الطابعة، وكيف يختلف هذا الصوت عند الطباعة على وجهي ورقة بدلاً من أحد وجهيها. شيء آخر في غرفتي هو خزانة ملفات صغيرة ذات درجين، أستطيع أن أتذكر عشرات الأشياء التي أعرفها عن الخزانة، بما في ذلك ما يوجد في كل درج، وكيف يتم ترتيب الأشياء في الدرجين، وأعلم أن هناك قفلاً، وأعرف مكان المفتاح، وكيف أُدخل المفتاح وأحركه لقفل الخزانة، كذلك أعرف صوت القفل والمفتاح وما أشعر به عندما أستخدمهما، ويحتوي المفتاح على حلقة صغيرة متصلة به، وأعرف كيفية استخدام أظافري لفتح الحلقة لإضافة المفاتيح أو إخراجها.

تخيل الذهاب من غرفة إلى غرفة في منزلك؛ في كل غرفة يمكنك التفكير في مئات الأشياء، ولكل عنصر يمكنك متابعة سلسلة من المعارف المكتسبة، يمكنك أيضاً أن تطبق التمرين نفسه على المدينة التي تعيش فيها، مع تذكر المباني، والمتنزهات، ومواقف الدراجات، والأشجار الفردية الموجودة في مواقع مختلفة؛ يمكنك تذكر التجارب المرتبطة بكل عنصر وكيفية تفاعلك معه. إن عدد الأشياء التي تعرفها هائل، ويبدو أن روابط المعرفة المرتبطة بها لا تنتهي أبداً.

نحن نتعلم أيضاً مفاهيم عالية المستوى، يقدر أن كلاً منا يعرف أربعين ألف كلمة، ولدينا القدرة على تعلم اللغة المنطوقة، والمكتوبة، ولغة الإشارة بالإضافة إلى الرياضيات والموسيقى. نحن نتعلم أيضاً الطريقة التي تعمل بها الأشكال الإلكترونية، وماذا تفعل منظّمات الحرارة، وحتى ما يعنيه التعاطف أو الديمقراطية، على الرغم من أن فهمنا لهذه الأشياء قد يختلف. بغض النظر عن الأشياء الأخرى التي قد تفعلها القشرة المخية الحديثة، يمكننا القول على وجه اليقين إنها تتعلم نموذجاً معقداً للغاية عن العالم، هذا النموذج هو أساس توقعاتنا، وتصوراتنا، وأفعالنا.

التعلم من خلال الحركة

تتغير مدخلات الدماغ باستمرار، وذلك يعود لسببين؛ أولاً: يمكن للعالم أن يتغير، فعلى سبيل المثال، عند الاستماع إلى الموسيقى، تتغير مدخلات الأذنين بسرعة، وذلك بسبب اختلاف إيقاع الموسيقى.

وبالمثل، عندما سيحرك النسيم أغصان الشجرة سيؤدي إلى تغييرات بصرية وربما سمعية. في هذين المثالين، تتغير مدخلات الدماغ من لحظة إلى أخرى، ليس لأنك تتحرك، بل لأن الأشياء في العالم تتحرك وتتغير من تلقاء نفسها.

ثانياً: يعود هذا السبب إلى أننا نحن من يتحرك، في كل مرة نخطو فيها خطوة، أو نحرك أحد أطرافنا، أو أعيننا، أو نميل رؤوسنا، أو ننطق بصوت، تتغير المدخلات التي تردنا من أجهزة استشعارنا. على سبيل المثال، تقوم أعيننا بحركات سريعة، تسمى ومضات، حوالى ثلاث مرات في الثانية. مع كل ومضة، تركز أعيننا على نقطة جديدة في العالم، وتتغير المعلومات التي ترد من العين إلى الدماغ، هذا التغيير ما كان ليحدث لو لم نحرك أعيننا.

يتعلم الدماغ نموذجه الخاص بالعالم من خلال ملاحظة كيف تتغير مدخلاته بمرور الوقت؛ لا توجد طريقة أخرى للتعلم. على عكس الحاسوب، لا يمكننا تحميل ملف في أدمغتنا، ما من طريقة يتعلم من خلالها الدماغ إلا من خلال التغييرات في مدخلاته، فإذا كانت مدخلات الدماغ ثابتة، فلا يمكن تعلم أي شيء.

يمكن تعلم بعض الأشياء، مثل اللحن، دون تحريك الجسد؛ يمكننا أن نجلس بهدوء تام، مغمضين أعيننا، ونتعلم بمرور الوقت لحناً جديداً بمجرد الاستماع إلى كيفية تغير الأصوات. لكن معظم التعلم يتطلب أن نتحرك، ونستكشف بنشاط. تخيل أنك دخلت منزلاً جديداً، لم يسبق لك أن تواجدت فيه؛ إذا لم تتحرك، فلن تكون هناك تغييرات في مدخلاتك الحسية، وربما لن تتمكن من معرفة أي شيء عن المنزل. لتتعلم نموذجاً للمنزل، عليك أن تنظر في اتجاهات مختلفة وتنتقل من غرفة إلى أخرى، وتفتح الأبواب وتلقي نظرة خاطفة على الأدراج وتلتقط الأشياء؛ فالمنزل ومحتوياته في الغالب ثابتان؛ فالأشياء لا تتحرك من تلقاء ذاتها، ولتتعلم نموذج المنزل، عليك أن تتحرك فيه.

خذ شيئاً بسيطاً مثل فأرة الحاسوب، لتتعلم كيف تشعر بالفأرة، عليك أن تمرر أصابعك عليها، ولمعرفة شكلها، عليك النظر إليها من زوايا مختلفة، وتركز بعينيك على مواقع مختلفة، ولمعرفة ما تفعله الفأرة، عليك الضغط على زريها، أو تحريك غطاء البطارية، أو تحريك الفأرة لرؤية ما يحدث، والشعور به، وسماعه.

هذا ما يصطلح على تسميته التعلم الحسي الحركي. بعبارة أخرى، يتعلم الدماغ نموذجاً للعالم من خلال ملاحظة كيف تتغير مدخلاتنا الحسية أثناء تحركنا، يمكننا تعلم أغنية من دون التحرك لأنه، على عكس الترتيب الذي يمكننا من خلاله الانتقال من غرفة إلى أخرى في المنزل، فإن ترتيب النغمات في الأغنية ثابت، لكن العالم بمجمله ليس كذلك. في معظم الأوقات، يتعين علينا التحرك لاكتشاف بنية

الأشياء، والأماكن، والأفعال. مع التعلم الحسي الحركي، بخلاف تعلم اللحن، لا يتم تثبيت ترتيب الأحاسيس. ما أراه عندما أدخل الغرفة يعتمد على الاتجاه الذي أدير فيه رأسي، وما يشعر به إصبعي عند حمل فنجان القهوة يعتمد على ما إذا كنت أُحرّك إصبعي إلى الأعلى أو الأسفل أو جانبياً.

مع كل حركة، تتوقع القشرة المخية الحديثة ما سيكون الإحساس التالي؛ سأحرك إصبعي إلى أعلى فنجان القهوة، وأتوقع أن أشعر بالمنحنى الدائري للشفة، سأحرك إصبعي جانبياً، وأتوقع أن أشعر بالمقبض. إذا أدرت رأسي إلى اليسار عند دخول المطبخ، أتوقع رؤية ثلاجتي، وإذا أدرت رأسي إلى اليمين، أتوقع أن أرى الموقد، وإذا نظرت إلى الجهة اليسرى من الموقد، أتوقع رؤية المشعل المكسور الذي أحتاج إلى إصلاحه. إذا كان أي إدخال لا يتطابق مع توقعات الدماغ - ربما قامت زوجتي بإصلاح المشعل - عندئذٍ يتم لفت انتباهي إلى منطقة التوقع الخاطئ. هذا ينبه القشرة المخية الحديثة بأن نموذجها لهذا الجزء من العالم يحتاج إلى تحديث.

يمكن الآن صياغة السؤال عن كيفية عمل القشرة المخية الحديثة بشكل أكثر دقة: كيف تتعلم القشرة المخية الحديثة، التي تتكون من آلاف الأعمدة القشرية المتطابقة تقريباً، نموذجاً توقعياً للعالم من خلال الحركة؟

هذا هو السؤال الذي شرعت أنا وفريقي في الإجابة عنه، كان إيماننا أنه إذا تمكنا من الإجابة عنه، فيمكننا عكس هندسة القشرة المخية الحديثة، وسوف نفهم ما فعلته القشرة المخية الحديثة، وكيف فعلت ذلك. في النهاية، سنتمكن من بناء آلات تعمل بالطريقة نفسها.

مبدآن من مبادئ علم الأعصاب

قبل أن نبدأ في الإجابة عن السؤال أعلاه، هناك بعض الأفكار الأساسية التي تحتاج إلى معرفتها؛ ومنها أن الدماغ يتكون مثل أي جزء آخر من الجسم من خلايا؛ تشبه خلايا الدماغ، التي تسمى العصبونات، من نواحٍ كثيرة جميع الخلايا الأخرى. على سبيل المثال، يحتوي العصبون على غشاء خلوي يحدد حدوده، ونواة تحتوي على الحمض النووي الريبي، ومع ذلك، تمتلك العصبونات العديد من الخصائص الفريدة التي لا توجد في خلايا أخرى في جسمك:

الخاصية الأولى هي أن العصبونات تشبه الأشجار، لديها امتدادات تشبه الفروع لغشاء الخلية، تسمى المحاور والتشعبات. تتجمع فروع التغصنات بالقرب من الخلية وتجمع المدخلات. يقوم الإخراج بإجراء العديد من الروابط مع العصبونات القريبة، ولكنه غالباً ما يسافر لمسافات طويلة، مثلاً من جانب واحد من الدماغ إلى الجانب الآخر أو من القشرة المخية الحديثة وصولاً إلى النخاع الشوكي.

الخاصية الثانية هي أن الخلايا العصبية توجِد طفرات، تسمى أيضاً جهود الفعل؛ وجهد الفعل هو إشارة كهربائية تبدأ بالقرب من جسم الخلية، وتنتقل على طول المحور العصبي حتى تصل إلى نهاية كل فرع.

الخاصية الثالثة الفريدة هي أن محور عصبون واحد يقوم بعمل اتصالات مع التشعبات في الخلايا العصبية الأخرى. تسمى نقاط الاتصال نقاط الاشتباك العصبي، عندما يصل ارتفاع متحرك على طول محور عصبي إلى المشبك، فإنه يطلق مادة كيميائية تدخل التغصنات في الخلايا العصبية المستقبلة. اعتماداً على المادة الكيميائية التي يتم إطلاقها، فإنه يجعل الخلايا العصبية المستقبلة أكثر أو أقل احتمالية لتوليد طفرة خاصة بها.

بالنظر إلى كيفية عمل الخلايا العصبية، يمكننا تحديد مبدئين أساسيين؛ سيؤدي هذان المبدآن دورين مهمين في فهمنا للدماغ والذكاء.

المبدأ الأول: الأفكار والتصورات هي نشاط الخلايا العصبية

في أي وقت، تنشط بعض الخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة بينما لا تشهد الخلايا الأخرى نشاطاً. عادةً ما يكون عدد الخلايا العصبية النشطة في الوقت نفسه صغيراً، ربما 2 بالمئة. يتم تحديد أفكارك وتصوراتك من خلال الخلايا العصبية التي تتصاعد. على سبيل المثال، عندما يقوم الأطباء بإجراء جراحة في الدماغ، فهم يحتاجون في بعض الأحيان إلى تنشيط الخلايا العصبية في دماغ المريض اليقظ، فيضعون مسباراً صغيراً في القشرة المخية الحديثة، ويستخدمون الكهرباء لتنشيط عدد قليل من الخلايا العصبية، وعندما يفعلون ذلك، قد يسمع المريض أو يرى أو يفكر في شيء ما، بينما عندما يتوقف الطبيب عن التحفيز، يتوقف أي شيء يعاني منه المريض؛ إذا قام الطبيب بتنشيط خلايا عصبية مختلفة، فإن لدى المريض فكرة أو تصور مختلف.

الأفكار والتجارب هي دائماً نتيجة تنشيط مجموعة من الخلايا العصبية في الوقت نفسه، يمكن أن تشارك الخلايا العصبية الفردية في العديد من الأفكار أو التجارب المختلفة. كل فكرة لديك هي نتيجة نشاط الخلايا العصبية؛ فكل ما تراه أو تسمعه أو تشعر به هو أيضاً نتيجة نشاط الخلايا العصبية. يمكننا قول الأمر نفسه عن حالتنا العقلية ونشاط الخلايا العصبية.

المبدأ الثاني: يتم تخزين كل ما نعرفه في الاتصالات بين الخلايا العصبية

يتذكر الدماغ كثيراً من الأشياء؛ لديك ذكريات دائمة، مثل المكان الذي نشأت فيه، ولديك ذكريات مؤقتة، مثل ما تناولته على العشاء الليلة الماضية، ولديك المعرفة الأساسية، مثل كيفية فتح الباب أو كيفية تهجئة كلمة «قاموس». يتم تخزين كل هذه الأشياء باستخدام نقاط الاشتباك العصبي والوصلات بين الخلايا العصبية.

هذه هي الفكرة الأساسية للطريقة التي يتعلم وفقها الدماغ: كل خلية عصبية لديها آلاف من نقاط الاشتباك العصبي، والتي تربط الخلايا العصبية بآلاف الخلايا العصبية الأخرى. إذا ارتفع عدد الخلايا العصبية في الوقت نفسه، فإنها ستقوي الاتصال بينها. عندما نتعلم شيئاً ما، تقوى الروابط، وعندما ننسى شيئاً ما، يكون نتيجة ضعف الاتصالات. تم اقتراح هذه الفكرة الأساسية من قبل دونالد هب في أربعينيات القرن الماضي، ويشار إليها اليوم باسم التعلم الهبي.

لسنوات عديدة، اعتقد أن الروابط بين الخلايا العصبية في دماغ بالغ قد تم إصلاحها. كان يعتقد أن التعلم ينطوي على زيادة أو تقليل قوة نقاط الاشتباك العصبي؛ لا تزال هذه هي الطريقة التي يحدث بها التعلم في معظم الشبكات العصبية الاصطناعية.

مع ذلك، خلال العقود القليلة الماضية، اكتشف العلماء أنه في أجزاء كثيرة من الدماغ، بما في ذلك القشرة المخية الحديثة، تتشكل نقاط الاشتباك العصبي الجديدة، وتختفي الأجزاء القديمة. كل يوم، سيختفي العديد من التشابك على خلية عصبية فردية، وستحل محلها أخرى جديدة. وبالتالي، يحدث قدر كبير من التعلم عن طريق تكوين روابط جديدة بين الخلايا العصبية التي لم تكن متصلة من قبل، ويحدث النسيان عند إزالة الروابط القديمة أو غير المستخدمة تماماً.

تخزن الاتصالات في دماغنا نموذج العالم الذي تعلمناه من خلال تجاربنا. كل يوم نختبر أشياء جديدة، ونضيف قطعاً جديدة من المعرفة إلى نموذجنا من خلال تكوين نقاط الاشتباك العصبي الجديدة؛ تمثل الخلايا العصبية النشطة في أي وقت أفكارنا وتصوراتنا الحالية.

لقد راجعنا الآن العديد من اللبنات الأساسية للقشرة المخية الحديثة؛ بعض قطع أحجيتنا. في الفصل التالي، سنبدأ في تجميع هذه القطع معاً لنكتشف الطريقة التي تعمل بها القشرة المخية الحديثة بأكملها.

الفصل الرابع
الدماغ يكشف أسراره

كثيراً ما يقول الناس إن الدماغ هو أكثر الأشياء تعقيداً في الكون، يستنتجون من هذا أنه لن يكون هناك تفسير بسيط لكيفية عمله، أو ربما لن نفهمه أبداً. يشير تاريخ الاكتشافات العلمية إلى أنهم مخطئون؛ تسبق الاكتشافات الكبرى دائماً ملاحظات معقدة ومربكة. مع الإطار النظري الصحيح، لا يختفي التعقيد، لكنه لم يعد محيراً أو شاقاً.

مثال مألوف هو حركة الكواكب؛ منذ آلاف السنوات، تابع علماء الفلك بدقة حركة الكواكب بين النجوم. مسار كوكب ما على مدار عام معقد، ويتحرك بهذه الطريقة وذاك، وهذا يؤدي إلى حدوث حلقات في السماء. كان من الصعب تخيل تفسير لهذه الحركات الجامحة. اليوم، يتعلم كل طفل الفكرة الأساسية القائلة إن الكواكب تدور حول الشمس. لا تزال حركة الكواكب معقدة، والتوقع بمسارها يتطلب رياضيات صعبة، ولكن مع الإطار الصحيح، لم يعد التعقيد غامضاً. قليلة هي الاكتشافات العلمية التي يصعب فهمها على المستوى الأساسي، يمكن للطفل أن يتعلم أن الأرض تدور حول الشمس، ويمكن لطالب المدرسة الثانوية تعلم مبادئ التطور وعلم الوراثة وميكانيكا الكم والنسبية. سبقت كل هذه التطورات العلمية ملاحظات محيرة، لكنها تبدو الآن منطقية وبسيطة.

بالمثل، كنت أعتقد دائماً أن القشرة المخية الحديثة تبدو معقدة إلى حد كبير لأننا لم نفهمها، وأنها ستبدو بسيطة نسبياً بعد فوات الأوان. بمجرد أن نعرف الحل، كنا ننظر إلى الوراء ونقول: «أوه، بالطبع، لماذا لم نفكر في ذلك؟». عندما توقف بحثنا أو عندما قيل لي إن الدماغ يصعب فهمه، كنت أتخيل مستقبلاً تكون فيه نظرية الدماغ جزءاً من كل منهج دراسي في المدرسة الثانوية، وهذا ما جعلني متحمساً.

شهد تقدمنا في محاولة فك شفرة القشرة المخية الجديدة تقلبات عديدة، فعلى مدار ثمانية عشر عاماً - ثلاثة أعوام في معهد ريدوود لعلوم الأعصاب وخمسة عشر عاماً في نومينتا - عملتُ أنا وزملائي على حل هذه المشكلة. كانت هناك أوقات أحرزنا فيها تقدماً بسيطاً، وأوقات أحرزنا فيها تقدماً كبيراً، وأوقات سعينا وراء الأفكار التي بدت في البداية مثيرة، ولكن ثبت في النهاية أنها طريق مسدود. لن أطلعك على

كل هذا التاريخ، وبدلاً من ذلك، أريد أن أصف العديد من اللحظات الرئيسية التي قفز فيها فهمنا إلى الأمام، عندما كانت الطبيعة تهمس في آذاننا وتخبرنا عن شيء أغفلناه؛ هناك ثلاث لحظات أتذكرها بوضوح تفاجأنا فيها:

الاكتشاف الأول :القشرة المخية الحديثة تتعلم نموذجاً توقعياً للعالم

لقد وصفت بالفعل كيف أدركت، في العام 1986، أن القشرة المخية الحديثة تتعلم نموذجاً توقعياً للعالم؛ لا أستطيع المبالغة في أهمية هذه الفكرة. أنا أُسمي الأمر اكتشافاً لأن هذا هو ما شعرت به في ذلك الوقت. لقد تحدث الفلاسفة والعلماء لفترة طويلة عن الأفكار ذات الصلة، واليوم ليس من غير المألوف أن يقول علماء الأعصاب إن الدماغ يتعلم نموذجاً توقعياً للعالم. لكن في العام 1986، كان علماء الأعصاب لا يزالون يصفون في كتبهم الدماغ بأنه جهاز حاسوب؛ تدخل المعلومات، وتتم معالجتها، ثم يعمل الدماغ. بالطبع، تعلم نموذج للعالم والتوقع ليسا الشيئين الوحيدين اللذين تفعلهما القشرة المخية الحديثة. مع ذلك، من خلال دراسة كيفية قيام القشرة المخية الحديثة بالتوقعات، اعتقدت أنه يمكننا الكشف عن كيفية عمل النظام بأكمله.

أدى هذا الاكتشاف إلى طرح سؤال مهم: كيف يتوقع الدماغ؟ إحدى الإجابات المحتملة هي أن الدماغ يحتوي على نوعين من الخلايا العصبية: الخلايا العصبية التي تشتعل عندما يرى الدماغ شيئاً ما، والخلايا العصبية التي تشتعل عندما يتوقع الدماغ بأنه سيرى شيئاً ما. لتجنب الهلوسة، يحتاج الدماغ إلى إبقاء توقعاته منفصلة عن الواقع؛ فاستخدام مجموعتين من الخلايا العصبية يفعل ذلك بشكل جيد، ومع ذلك، هناك مشكلتان مع هذه الفكرة.

أولاً، بالنظر إلى أن القشرة المخية الحديثة تقوم بعدد هائل من التوقعات في كل لحظة، نتوقع العثور على عدد كبير من الخلايا العصبية للتوقع؛ حتى الآن، لم يتم ملاحظة ذلك. لقد وجد العلماء بعض الخلايا العصبية التي تصبح نشطة قبل الإدخال، ولكن هذه الخلايا العصبية ليست شائعة كما نتوقع. تستند المشكلة الثانية إلى ملاحظة أزعجتني لفترة طويلة. إذا كانت القشرة المخية الحديثة تقوم بالمئات أو الآلاف من التوقعات في أي وقت، فلماذا لا ندرك معظم هذه التوقعات؟ إذا أمسكت كوباً بيدي، فأنا لست مدركاً أن عقلي يتوقع بما يجب أن يشعر به كل إصبع، إلا إذا شعرت بشيء غير عادي؛ على سبيل المثال، صدع. نحن لا ندرك بوعي معظم توقعات الدماغ ما لم يحدث خطأ. أدت محاولة فهم كيفية قيام الخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة بالتوقع إلى الاكتشاف الثاني.

الاكتشاف الثاني :التوقعات تحدث داخل الخلايا العصبية

تذكر أن التوقعات التي قدمتها القشرة المخية الحديثة تأتي في نوعين: يحدث النوع الأول لأن العالم يتغير من حولك. على سبيل المثال، أنت تستمع إلى نغمة؛ يمكنك أن تظل جالساً وعيناك مغمضتان ويتغير الصوت الذي يدخل أذنيك مع تقدم اللحن، فإذا كنت تعرف اللحن، فسيستمر عقلك في توقع الملاحظة التالية، وستلاحظ إذا كانت أي من النغمات غير صحيحة، ويحدث النوع الثاني من التوقع لأنك تتحرك بالنسبة إلى العالم. على سبيل المثال، عندما أركن دراجتي في بهو مكتبي وأثبتها بقفل، تقوم القشرة المخية الحديثة الخاصة بي بالعديد من التوقعات حول ما سأشعر به، وأراه، وأسمعه بناءً على تحركاتي؛ فالدراجة والقفل لا يتحركان بمفردهما، ولكن كل إجراء أقوم به يؤدي إلى مجموعة من التوقعات؛ فإذا قمت بتغيير ترتيب أفعالي، فسيتغير ترتيب التوقعات أيضاً.

اقترح ماونتكاسل لخوارزمية قشرية مشتركة أن كل عمود في القشرة المخية الحديثة يصنع نوعي التوقعات، وخلافاً لذلك، سيكون للأعمدة القشرية وظائف مختلفة. أدرك فريقي أيضاً أن نوعي التوقعات مرتبطان ارتباطاً وثيقاً، لذلك شعرنا أن التقدم في إحدى المشكلات الفرعية سيؤدي إلى إحراز تقدم في المشكلة الأخرى.

إن توقع النغمة التالية في اللحن، المعروف أيضاً باسم ذاكرة التسلسل، هو أبسط المشكلتين، لذلك عملنا عليه أولاً. تُستخدم ذاكرة التسلسل في أكثر من مجرد تعلم الألحان؛ كما أنها تستخدم في ابتكار السلوكيات. على سبيل المثال، عندما أجفف نفسي بمنشفة بعد الاستحمام، عادةً ما أتبع نمطاً متطابقاً تقريباً من الحركات، وهو شكل من أشكال الذاكرة المتسلسلة؛ تُستخدم ذاكرة التسلسل أيضاً في اللغة. يشبه التعرف إلى الكلمة المنطوقة التعرف إلى اللحن القصير. يتم تعريف الكلمة من خلال سلسلة من الأصوات، في حين يتم تحديد اللحن من خلال سلسلة من الفواصل الموسيقية. هناك العديد من الأمثلة، ولكن من أجل البساطة سألتزم بالألحان. من خلال استنتاج كيف تتعلم الخلايا العصبية في العمود القشري التسلسل، كنا نأمل في اكتشاف المبادئ الأساسية لكيفية قيام الخلايا العصبية بالتوقع بشأن كل شيء.

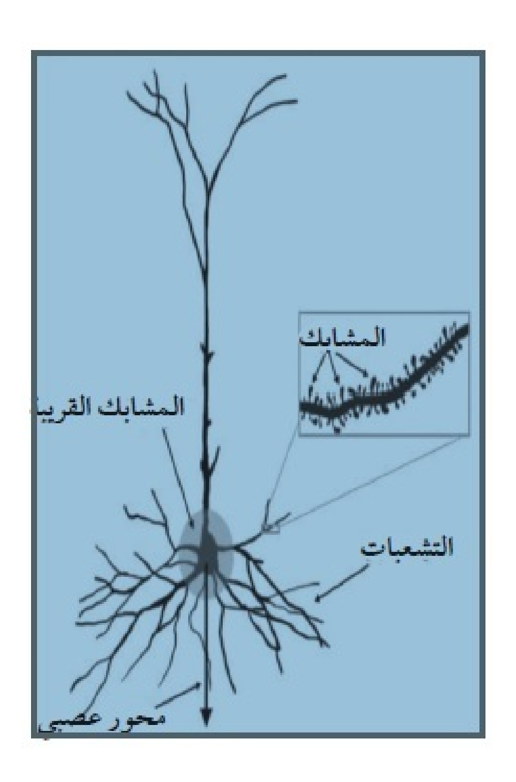
لقد عملنا على مشكلة توقع اللحن لعدة سنوات، قبل أن نتمكن من استنتاج الحل، والذي كان لا بد من إظهار إمكانيات عديدة. على سبيل المثال، غالباً ما تحتوي الألحان على مقاطع متكررة، مثل الجوقة أو دا دا دا دوم من السيمفونية الخامسة لبيتهوفن. للتوقع بالملاحظة التالية، لا يمكنك إلقاء نظرة على الملاحظة السابقة أو الملاحظات الخمس السابقة؛ إذ قد يعتمد التوقع الصحيح على الملاحظات التي حدثت منذ وقت طويل؛ يجب على الخلايا العصبية معرفة مقدار السياق الضروري لإجراء التوقع الصحيح. مطلب آخر هو أن الخلايا العصبية يجب أن تلعب لعبة اسم هذا اللحن. قد تنتمي الملاحظات القليلة الأولى التي تسمعها إلى عدة ألحان مختلفة. يجب أن تتعقب الخلايا العصبية جميع الألحان الممكنة بما يتوافق مع

ما تم سماعه حتى الآن، حتى يتم سماع عدد كافٍ من النغمات لاستبعاد جميع الألحان باستثناء لحن واحد.

إن هندسة حلّ لمشكلة ذاكرة التسلسل سيكون أمراً سهلاً، ولكن كان من الصعب اكتشاف كيفية حل الخلايا العصبية الحقيقية - مرتبة كما نراها في القشرة المخية الحديثة - لهذه المتطلبات وغيرها. على مدى سنوات، جرّبنا أساليب مختلفة؛ عمل معظمها إلى حد ما، لكن أي منها لم يُظهر كل القدرات التي نحتاج إليها ولم يتناسب أي منها بدقة مع التفاصيل البيولوجية التي عرفناها عن الدماغ. لم نكن مهتمين بحل جزئي أو حل «مستوحى بيولوجياً». أردنا أن نعرف بالضبط كيف تتعلم الخلايا العصبية الحقيقية، المرتبة كما رأينا في القشرة المخية الحديثة، التسلسل وكيف تتوقع.

أتذكر اللحظة التي توصلت فيها إلى حل مشكلة توقع اللحن؛ كان ذلك في العام 2010، قبل يوم واحد من عطلة عيد الشكر، فقد جاء الحل في ومضة، لكن عندما فكّرت في الأمر، أدركت أنه يتطلب من الخلايا العصبية القيام بأشياء لم أكن متأكداً من أنها قادرة على القيام بها. بعبارة أخرى، قدمت فرضيتي عدة توقعات مفصلة ومدهشة يمكنني اختبارها.

عادةً، ما يختبر العلماء نظرية عن طريق إجراء تجارب لمعرفة ما إذا كانت التوقعات التي قدمتها النظرية ستصمد أم لا. لكن علم الأعصاب أمر غير معتاد؛ هناك المئات إلى الآلاف من المقالات البحثية المنشورة في كل حقل فرعي، وتقدم معظم هذه المقالات بيانات تجريبية غير مدمجة في أي نظرية عامة. يوفر هذا للمنظرين مثلي فرصة لاختبار فرضية جديدة بسرعة من خلال البحث في الأبحاث السابقة للعثور على دليل تجريبي يدعمها أو يبطلها. لقد وجدت بضع عشرات من المقالات البحثية في المجلات التي تحتوي على بيانات تجريبية يمكن أن تلقي الضوء على نظرية ذاكرة التسلسل الجديدة. كانت عائلتي الكبيرة في عطلة، لكنني كنت متحمساً جداً ولم أتمكن من الانتظار حتى يعود الجميع إلى المنزل. أتذكر قراءة المقالات أثناء الطهي، وإشراك أقاربي في المناقشات حول الخلايا العصبية والألحان. كلما قرأت أكثر، كلما أصبحت أكثر ثقة في أنني اكتشفت شيئاً مهماً.



خلية عصبية نموذجية

كانت البصيرة الرئيسية طريقة جديدة للتفكير في الخلايا العصبية.

أعلاه صورة أكثر أنواع الخلايا العصبية شيوعاً في القشرة المخية الحديثة. تحتوي الخلايا العصبية مثل هذه على آلاف، وأحياناً عشرات الآلاف، من نقاط الاشتباك العصبي المتباعدة على طول فروع التشعبات. توجد بعض التشعبات بالقرب من جسم الخلية - باتجاه الجزء السفلي من الصورة - وبعض التشعبات تكون أبعد - باتجاه الأعلى - يُظهر المربع منظراً موسعاً لفرع واحد من التغصنات حتى تتمكن من رؤية مدى صغر حجم نقاط الاشتباك العصبي وإحكام حزمها. كل نتوء على طول التغصنات هو مشبك واحد. لقد أبرزت أيضاً منطقة حول جسم الخلية؛ تسمى المشابك في هذه المنطقة المشابك القريبة. عندما تلقت المشابك القريبة مدخلات كافية، سيرتفع العصبون، من جسم الخلية، وينتقل إلى الخلايا العصبية الأخرى عبر المحور العصبي. لم يكن المحور العصبي مرئياً في هذه الصورة، لذا، أضفت سهماً متجهاً إلى الأسفل لإظهار مكانه. إذا كنت تفكر فقط في المشابك القريبة وجسم الخلية، فهذه هي النظرة الكلاسيكية للخلايا العصبية، وإذا كنت قد قرأت من قبل عن الخلايا العصبية أو درست الشبكات العصبية الاصطناعية، فستتعرف على هذا الوصف.

الغريب أن أقل من 10 بالمئة من مشابك الخلية تقع في المنطقة القريبة. وتقع 90 بالمئة الأخرى بعيدة جداً بحيث لا تسبب ارتفاعاً مفاجئاً. إذا وصل أحد المدخلات إلى أحد هذه المشابك البعيدة، مثل تلك

الموضحة في المربع، فلن يكون له أي تأثير تقريباً على جسم الخلية. كل ما يمكن للباحثين قوله هو إن المشابك البعيدة تؤدي نوعاً من الدور التعديلي. ولسنوات عديدة، لم يعرف أحد ما الذي فعله 90 بالمئة من نقاط الاشتباك العصبي في القشرة المخية الحديثة.

بدءاً من العام 1990 تغيرت هذه الصورة، حيث اكتشف العلماء أنواعاً جديدة من السبلات التي تنتقل على طول التشعبات. من قبل، كنا نعرف نوعاً واحداً فقط من السبلة: بدأت في جسم الخلية وانتقلت على طول المحور العصبي للوصول إلى الخلايا الأخرى. الآن، علمنا أن هناك ارتفاعات أخرى سارت على طول التشعبات. يبدأ نوع واحد من سبلة التغصنات عندما تلتقي مجموعة من عشرين أو نحو ذلك من المشابك الموجودة بجانب بعضها البعض على فرع تغصنات المدخلات في الوقت نفسه. بمجرد تنشيط سبلة التغصنات، فإنه ينتقل على طول التغصنات حتى يصل إلى جسم الخلية. عندما يصل إلى هناك، فإنه يرفع جهد الخلية، لكن ليس بما يكفي لجعل العصبون يرتفع. إنه مثل شوكة التغصنات التي تثير العصبون؛ تكاد تكون قوية بما يكفي لجعل العصبون نشطاً، لكن ليس تماماً.

تبقى الخلايا العصبية في هذه الحالة المستثارة لفترة قصيرة من الوقت قبل أن تعود إلى وضعها الطبيعي. لقد احتار العلماء مجدداً؛ فما فائدة طفرات التغصنات إذا لم تكن قوية بما يكفي لإحداث طفرة في جسم الخلية؟ لا يعرفون ما هي طفرات التغصنات، إذ يستخدم باحثو الذكاء الاصطناعي الخلايا العصبية المحاكاة التي لا تحتوي عليها. ليس لديهم أيضاً التشعبات والآلاف العديدة من نقاط الاشتباك العصبي الموجودة في التشعبات. كنت أعلم أن المشابك البعيدة يجب أن تؤدي دوراً أساسياً في وظيفة الدماغ؛ فأي نظرية وأي شبكة عصبية لا تمثل 90 بالمئة من نقاط الاشتباك العصبي في الدماغ يجب أن تكون خاطئة.

كانت البصيرة الكبيرة التي حصلت عليها هي أن طفرات التغصنات هي توقعات. يحدث ارتفاع التغصنات عندما تحصل مجموعة من نقاط الاشتباك العصبي القريبة من بعضها على التغصنات البعيدة على مدخلات في الوقت نفسه، وهذا يعني أن الخلايا العصبية تعرفت على نمط نشاط في بعض الخلايا العصبية الأخرى. عندما يتم الكشف عن نمط النشاط، فإنه يُحدِث ارتفاعاً في التغصنات، وهذا يرفع الجهد في جسم الخلية، ويضع الخلية في ما نسميه الحالة التوقعية، ثم يتم تحضير الخلايا العصبية للارتفاع. إنه مشابه لما يحصل مع العداء الذي يسمع «جاهز، استعد...» مستعداً لبدء الجري. إذا حصلت خلية عصبية في حالة توقعية لاحقاً على مدخلات قريبة كافية لإنشاء ارتفاع محتمل للعمل، فإن الخلية تتصاعد أسرع قليلاً مما كانت ستحصل عليه إذا لم تكن الخلية العصبية في حالة توقعية.

تخيل أن هناك عشر خلايا عصبية تتعرف جميعها على النمط نفسه في نقاط الاشتباك العصبي القريبة. هذا مثل عشرة متسابقين على خط البداية، ينتظرون جميعاً الإشارة نفسها لبدء السباق. عداء واحد يسمع «جاهز، جاهز...» ويتوقع أن السباق على وشك البدء؛ فهي تدخل في الكتل وتستعد للبدء. عندما يتم

سماع إشارة «انطلق»، فإنها تنطلق من الكتل في وقت أقرب من المتسابقين الآخرين الذين لم يكونوا مستعدين، والذين لم يسمعوا إشارة تمهيدية. عند رؤية المتسابق الأول يتقدم مبكراً، يستسلم المتسابقون الآخرون ولا يبدؤون حتى، فينتظرون السباق القادم. يحدث هذا النوع من المنافسة في جميع أنحاء القشرة المخية الحديثة.

في كل عمود صغير، تستجيب خلايا عصبية متعددة لنفس نمط الإدخال؛ إنها مثل المتسابقين على خط البداية، وجميعهم ينتظرون الإشارة نفسها. إذا وصلت المدخلات المفضلة لديها، فإنها جميعاً تريد البدء في الارتفاع. ومع ذلك، إذا كانت واحدة أو أكثر من الخلايا العصبية في الحالة التوقعية، وفقاً لما تفيد به نظريتنا، فإن تلك الخلايا العصبية تتزايد فقط ويتم تثبيط الخلايا العصبية الأخرى. هكذا، عندما يصل إدخال غير متوقع، تنطلق العديد من الخلايا العصبية في وقت واحد. إذا تم التوقع بالمدخلات، فعندئذٍ تتنشط فقط الخلايا العصبية للحالة التوقعية. هذه ملاحظة شائعة حول القشرة المخية الحديثة: المدخلات غير المتوقعة تسبب نشاطاً أكثر بكثير من المتوقع.

إذا كنت تأخذ عدة آلاف من الخلايا العصبية، فرتبها في أعمدة صغيرة، واتركها تربط بعضها، وأضف بعض الخلايا العصبية المثبطة. تحل الخلايا العصبية مشكلة «الاسم المتناغم»، ولا يتم الخلط بينها وبين التكرارات اللاحقة، وبشكل جماعي، فإنها تتوقع العنصر التالي في التسلسل.

إذا أخذت عدّة آلاف من الخلايا العصبية، ورتبتها في أعمدة صغيرة، وجعلتها تقيم روابط في ما بينها، وأضفت عدداً قليلاً من الخلايا العصبية المثبطة، فإنها ستتعلم إقامة التسلسلات. الحيلة لإنجاح هذا العمل كانت فهماً جديداً للخلية العصبية. في السابق، كنا نعرف أن التوقع هو وظيفة موجودة في كل مكان في الدماغ، لكننا لم نعرف كيف أو أين يتم التوقع. مع هذا الاكتشاف، فهمنا أن معظم التوقعات تحدث داخل الخلايا العصبية. يحدث التوقع عندما تتعرف خلية عصبية إلى نمط ما، وتُحدِث ارتفاعاً في التغصنات، وتكون مهيأة للارتفاع في وقت أبكر من الخلايا العصبية الأخرى. مع وجود الآلاف من نقاط الاشتباك العصبي البعيدة، يمكن لكل خلية عصبية التعرف إلى مئات الأنماط التي تتوقع الوقت الذي يجب أن تصبح فيه الخلايا العصبية نشطة؛ تم بناء التوقع في نسيج القشرة المخية الحديثة، العصبون.

لقد أمضينا أكثر من عام في اختبار نموذج الخلايا العصبية الجديد ودائرة ذاكرة التسلسل، وكتبنا محاكاة برمجية اختبرت قدرتها وفوجئنا عندما اكتشفنا أن ما لا يزيد عن عشرين ألف خلية عصبية يمكنها تعلم آلاف التسلسلات الكاملة. وجدنا أن ذاكرة التسلسل استمرت في العمل حتى لو مات 30 بالمئة من الخلايا العصبية أو إذا كان الإدخال صاخباً. كلما قضينا وقتاً أطول في اختبار نظريتنا، كلما ازدادت الثقة التي اكتسبناها بأنها التقطت حقاً ما كان يحدث في القشرة المخية الحديثة، كما أننا وجدنا أدلة تجريبية متزايدة من المعامل التجريبية التي دعمت فكرتنا. على سبيل المثال، تتوقع النظرية أن نتوءات التغصنات

تتصرف ببعض الطرق المحددة، ولكن في البداية، لم نتمكن من العثور على دليل تجريبي قاطع، ومع ذلك، ومن خلال التحدث إلى التجريبيين، تمكنا من الحصول على فهم أوضح لنتائجهم، ورأينا أن البيانات كانت متوافقة مع ما توقعناه. نشرنا النظرية للمرة الأولى في – مقالة - ورقة بيضاء[2] في عام 2011. وتبعنا ذلك بمقالة دورية تمت مراجعتها من قبل الزملاء في العام 2016، بعنوان «لماذا تمتلك الخلايا العصبية آلاف المشابك، نظرية ذاكرة التسلسل في القشرة المخية الحديثة؟». كان رد الفعل على المقالة مشجعاً، حيث سرعان ما أصبحت المقالة الأكثر قراءة في المجلة.

الاكتشاف الثالث :سر العمود القشري هو الأطر المرجعية

بعد ذلك، وجهنا انتباهنا إلى النصف الثاني من مشكلة التوقع: كيف تتوقع القشرة المخية الحديثة المدخل التالي عندما نتحرك؟ على عكس اللحن، فإن ترتيب المدخلات في هذه الحالة غير ثابت، لأنه يعتمد على الطريقة التي نتحرك وفقها. على سبيل المثال، إذا نظرت إلى اليسار، أرى شيئاً واحداً؛ إذا نظرت بشكل صحيح، أرى شيئاً آخر. لكي يتوقع العمود القشري بإدخاله التالي، يجب أن يعرف ما هي الحركة التي على وشك الحدوث.

إن توقع الإدخال التالي بتسلسل وتوقع الإدخال التالي عندما نتحرك هما مشكلتان متشابهتان. لقد أدركنا أن دائرة ذاكرة التسلسل لدينا يمكن أن تقدم نوعي التوقعات إذا أُعطيت الخلايا العصبية مدخلات إضافية تمثل كيفية تحرك المستشعر. مع ذلك، لم نكن نعرف كيف يجب أن تبدو الإشارة المتعلقة بالحركة.

بدأنا بأبسط شيء يمكن أن نفكر فيه: ماذا لو كانت الإشارة المتعلقة بالحركة مجرد «تحرك يساراً» أو «تحرك يميناً»؟ اختبرنا هذه الفكرة، ونجحت. حتى إننا بنينا ذراعاً آليةً صغيرة توقعت الإدخال التالي أثناء تحركه يساراً ويميناً، وقمنا بعرضه في مؤتمر علم الأعصاب. مع ذلك، كانت ذراع الروبوت لدينا محدودة. لقد نجحت في حل المشكلات البسيطة، مثل التحرك باتجاهين، ولكن عندما حاولنا توسيع نطاقها للعمل مع تعقيد العالم الحقيقي، مثل التحرك في اتجاهات متعددة في الوقت نفسه، تطلب الأمر كثيراً من التدريب. شعرنا أننا اقتربنا من الحل الصحيح، ولكن كان هناك خطأ ما. لقد جرّبنا العديد من الاختلافات، ولكن دون نجاح؛ كان الأمر محبطاً، وبعد عدة أشهر، تعثرنا. لم نتمكن من رؤية طريقة لحل المشكلة، لذلك وضعنا هذا السؤال جانباً وعملنا على أشياء أخرى لفترة من الوقت.

قرابة نهاية شباط 2016، كنت في مكتبي أنتظر زوجتي، جانيت، حتى تنضم إليّ لنتناول طعام الغداء. كنت أحمل فنجان قهوة من نومينتا في يدي، ولاحظت أن أصابعي تلمسه، فسألت نفسي سؤالاً بسيطاً: ما الذي يحتاج إليه دماغي ليتوقع ما ستشعر به أصابعي أثناء تحركها؟ إذا كان أحد أصابعي على

جانب الكوب وحرّكته نحو الأعلى، فإن عقلي يتوقع أنني سأشعر بالمنحنى الدائري للشفة. يقوم عقلي بهذا التوقع قبل أن يلمس إصبعي الشفاه. ما الذي يحتاج الدماغ إلى معرفته لإجراء هذا التوقع؟ كان الجواب سهلَ القول. يحتاج الدماغ إلى معرفة شيئين: ما الشيء الذي يلمسه - في هذه الحالة فنجان القهوة - ومكان إصبعي على الفنجان بعد تحريك إصبعي؟

لاحظ أن الدماغ يحتاج إلى معرفة مكان إصبعي بالنسبة إلى الفنجان، لا يهم مكان إصبعي بالنسبة إلى جسدي، ولا يهم مكان الفنجان أو كيفية وضعه. يمكن إمالة الفنجان لليسار أو لليمين، يمكن أن يكون أمامي أو إلى جانبي، ما يهم هو موقع إصبعي بالنسبة إلى الفنجان.

تعني هذه الملاحظة أنه لا بد من وجود خلايا عصبية في القشرة المخية الحديثة تمثل موقع إصبعي في إطار مرجعي متصل بالفنجان. كانت الإشارة المتعلقة بالحركة التي كنا نبحث عنها، والإشارة التي نحتاج إليها لتوقع الإدخال التالي، هي «الموقع على الكائن».

ربما تعلمت عن الأطر المرجعية في المدرسة الثانوية؛ تعد المحاور x وy وz التي تحدد موقع شيء ما في الفضاء مثالاً على الإطار المرجعي. مثال آخر مألوف هو خطوط الطول والعرض، والتي تحدد المواقع على سطح الأرض. في البداية، كان من الصعب علينا تخيل كيف يمكن للخلايا العصبية أن تمثل شيئاً مثل إحداثيات x وy وz. ولكن الأمر الأكثر إثارة للحيرة هو أن الخلايا العصبية يمكن أن تربط إطاراً مرجعياً بجسم مثل فنجان القهوة. الإطار المرجعي للفنجان متعلق بالفنجان؛ لذلك، يجب أن يتحرك الإطار المرجعي مع الفنجان.

تخيل كرسي مكتب؛ يتوقع دماغي بما سأشعر به عندما ألمس الكرسي، تماماً كما يتوقع ما سأشعر به عندما ألمس فنجان القهوة. لذلك، يجب أن تكون هناك خلايا عصبية في قشرتي المخية الحديثة تعرف موقع إصبعي بالنسبة إلى الكرسي، وهذا يعني أن القشرة المخية الحديثة لديّ يجب أن تنشئ إطاراً مرجعياً مثبتاً على الكرسي. إذا قمت بتدوير الكرسي في دائرة، فإن الإطار المرجعي يدور معه. إذا قلبت الكرسي، فإن الإطار المرجعي ينقلب هو الآخر. يمكنك التفكير في الإطار المرجعي على أنه شبكة ثلاثية الأبعاد غير مرئية تحيط بالكرسي وتعلق به. الخلايا العصبية هي أشياء بسيطة؛ كان من الصعب تخيل أنه يمكنها إنشاء أُطر مرجعية وإرفاقها بالأشياء، حتى عندما كانت تلك الكائنات تتحرك وتدور في العالم، لكنها حصلت على مفاجأة؛ على أكثر من ذلك.

قد تلمس أجزاء مختلفة من جسدي - أطرافَ الأصابع، راحةَ اليد، الشفتين - فنجان القهوة في الوقت نفسه. يقوم كل جزء من جسدي يلمس الفنجان بتوقع منفصل لما سيشعر به بناءً على موقعه الفريد تجاه الفنجان. لذلك، لا يقوم الدماغ بتوقع واحد فقط، بل يقوم بالعشرات أو حتى المئات من التوقعات في

الوقت نفسه. يجب أن تعرف القشرة المخية الحديثة الموقع، بالنسبة إلى الفنجان، لكل جزء من جسدي يلامسه.

أدركت أن الرؤية تفعل الشيء نفسه مثل اللمس؛ تشبه بقع الشبكية بقع الجلد، فكل بقعة من شبكية العين ترى جزءاً صغيراً فقط من الجسم بأكمله، بالطريقة نفسها التي تلامس بها كل رقعة من جلدك جزءاً صغيراً فقط من الجسم؛ الدماغ لا يعالج الصورة. يبدأ بصورة على الجزء الخلفي من العين، ثم يقسمها إلى مئات القطع، ثم يعين كل قطعة إلى موقع مرتبط بالكائن الذي يتم ملاحظته.

إن إنشاء أُطر مرجعية وتتبع المواقع ليسا مهمتين تافهتين؛ كنت أعلم أن إجراء هذه الحسابات سيستغرق عدة أنواع مختلفة من الخلايا العصبية وطبقات متعددة من الخلايا. نظراً لأن الدوائر المعقدة في كل عمود قشري متشابهة، يجب أن تكون المواقع والأطر المرجعية خصائص عالمية للقشرة المخية الحديثة، ويجب أن يحتوي كل عمود في القشرة المخية الحديثة - سواء أكان يمثل إدخالاً بصرياً أو إدخالاً باللمس أو إدخالاً سمعياً أو لغة أو فكراً عالي المستوى - على خلايا عصبية تمثل الأطر المرجعية والمواقع.

حتى تلك اللحظة، اعتقد معظم علماء الأعصاب، بمن فيهم أنا، أن القشرة المخية الحديثة تعالج بشكل أساسي المدخلات الحسية. ما أدركته في ذلك اليوم هو أننا بحاجة إلى التفكير في القشرة المخية الحديثة كأطر مرجعية معالجة في المقام الأول. توجد معظم الدوائر لإنشاء أُطر مرجعية وتتبع المواقع؛ فالمدخلات الحسية ضرورية بالطبع. كما سأشرح في الفصول القادمة، يبني الدماغ نماذج للعالم من خلال ربط المدخلات الحسية بالمواقع الموجودة في الأطر المرجعية.

لماذا الأطر المرجعية مهمة جداً؟ ما الذي يستفيده الدماغ من وجودها؟ أولاً، يسمح الإطار المرجعي للدماغ بتعلم بنية الشيء. فنجان القهوة شيء لأنه يتكون من مجموعة من الميزات والأسطح مرتبة بالنسبة لبعضها البعض في الفضاء. وبالمثل، فإن الوجه هو أنف وعينان وفم مرتبة في أوضاع نسبية. أنت بحاجة إلى إطار مرجعي لتحديد المواضع النسبية وهيكل الكائنات.

ثانياً، من خلال تحديد كائن باستخدام إطار مرجعي، يمكن للدماغ معالجة الكائن بأكمله مرة واحدة. على سبيل المثال، تحتوي السيارة على العديد من الميزات المرتبة بالنسبة إلى بعضها البعض، فبمجرد أن نتعلم السيارة، يمكننا أن نتخيل كيف تبدو من وجهات نظر مختلفة أو إذا كانت ممتدة في بُعد واحد. لإنجاز هذه المآثر، يجب على الدماغ فقط تدوير أو تمديد الإطار المرجعي وستمتد جميع ميزات السيارة وتدور معها.

ثالثاً، هناك حاجة إلى إطار مرجعي للتخطيط وإنشاء الحركات. لنفترض أن إصبعي يلمس الجزء

الأمامي من هاتفي، وأريد الضغط على زر التشغيل في الأعلى؛ إذا كان دماغي يعرف الموقع الحالي لإصبعي وموقع زر التشغيل، فيمكنه حساب الحركة اللازمة لنقل إصبعي من موقعه الحالي إلى الموقع الجديد المطلوب؛ يلزم وجود إطار مرجعي متعلق بالهاتف لإجراء هذا الحساب.

تستخدم الأطر المرجعية في العديد من المجالات، حيث يعتمد اختصاصيو الروبوتات عليها في تخطيط حركات ذراع أو جسم الروبوت، وتُستخدم الأُطر المرجعية أيضاً في أفلام الرسوم المتحركة لتجسيد الشخصيات أثناء تحركها. اقترح عدد قليل من الأشخاص أنه قد تكون هناك حاجة إلى أطر مرجعية لبعض تطبيقات الذكاء الاصطناعي. لكن على حدّ علمي، لم يكن هناك أي نقاش مهم حول عمل القشرة المخية الحديثة على أطر مرجعية، وأن وظيفة معظم الخلايا العصبية في كل عمود قشري هي إنشاء أُطر مرجعية وتتبع المواقع. الآن يبدو واضحاً بالنسبة إليّ.

جادل فيرنون ماونتكاسل بأن هناك خوارزمية عالمية موجودة في كل عمود قشري، ومع ذلك لم يكن يعرف ما هي الخوارزمية. كتب فرانسيس كريك أننا بحاجة إلى إطار عمل جديد لفهم الدماغ، لكنه أيضاً لم يكن يعرف ما يجب أن يكون عليه هذا الإطار. في ذلك اليوم من العام 2016، ممسكاً بالفنجان في يدي، أدركت أن خوارزمية ماونتكاسل وإطار عمل كريك يعتمدان على أُطر مرجعية. لم أفهم بعد كيف يمكن للخلايا العصبية أن تفعل ذلك، لكنني كنت أعلم أنه يجب أن يكون صحيحاً. كانت الأطر المرجعية هي العنصر المفقود، والمفتاح لكشف لغز القشرة المخية الحديثة وفهم الذكاء.

كل هذه الأفكار حول المواقع والأطر المرجعية خطرت لي في ما بدا وكأنه ثانية. كنت متحمساً للغاية لأنني قفزت من مقعدي وركضت لأخبر زميلي سوبوتاي أحمد. بينما كنت أسير بسرعة 20 قدماً إلى مكتبه، ركضت إلى جانيت وكدت أن أوقعها. كنت متشوقاً للتحدث إلى سوبوتاي، لكن بينما كنت أقوم بتعديل وقفة جانيت والاعتذار منها، أدركت أنه سيكون من الحكمة التحدث إليه لاحقاً. ناقشت أنا وجانيت الأطر المرجعية والمواقع ونحن نتشارك اللبن المجمد.

هذه نقطة جيدة للإجابة عن سؤال يطرح عليّ كثيراً: كيف يمكنني التحدث بثقة عن نظرية إذا لم يتم اختبارها تجريبياً؟ لقد وصفت للتو واحدة من هذه المواقف. كان لديّ فكرة أن القشرة المخية الحديثة مشبعة بالأطر المرجعية، وبدأت على الفور أتحدث عنها بيقين. بينما أكتب هذا الكتاب، هناك أدلة متزايدة تدعم هذه الفكرة الجديدة، لكنها لم تُختبر بشكل كامل حتى الآن. ومع ذلك، لا أتردد في وصف هذه الفكرة بأنها حقيقة. إليكم السبب.

بينما نعمل على حل مشكلة ما، نكشف ما أسميه القيود؛ القيود هي الأشياء التي يجب أن يعالجها حل المشكلة. أعطيت بعض الأمثلة على القيود عند وصف ذاكرة التسلسل، على سبيل المثال، متطلب ما

هو اسم هذا اللحن، كما أن تشريح ووظائف الدماغ من القيود. يجب أن تشرح نظرية الدماغ في النهاية كل تفاصيل الدماغ، والنظرية الصحيحة لا يمكن أن تنتهك أياً من هذه التفاصيل.

كلما طالت مدة عملك على مشكلة، زادت القيود التي تكتشفها، ويصبح من الصعب تخيل حل. كانت لحظات المفاجأة السارة التي وصفتها في هذا الفصل حول المشكلات التي عملنا عليها لسنوات. لذلك، فهمنا هذه المشاكل بعمق وكانت قائمة القيود لدينا طويلة. تزداد احتمالية أن يكون الحل صحيحاً بشكل كبير مع عدد القيود التي يفي بها. يشبه الأمر حل لغز الكلمات المتقاطعة: غالباً ما توجد عدة كلمات تتطابق مع دليل فردي. إذا اخترت إحدى هذه الكلمات، فقد يكون ذلك خطأ. إذا وجدت كلمتين متقاطعتين تعملان، فمن الأرجح أنهما صحيحتان.

إذا وجدت عشر كلمات متقاطعة، فإن احتمالية أن تكون جميعها خاطئة ضئيلة للغاية؛ يمكنك كتابة الإجابة بالحبر دون أي قلق.

تحدث لحظات المفاجأة السارة عندما تفي فكرة جديدة بقيود متعددة. كلما طالت مدة عملك على مشكلة - وبالتالي، زادت القيود التي يحلها الحل - كلما زاد شعور المفاجأة السارة وزادت ثقتك في الإجابة. إن فكرة أن القشرة المخية الحديثة مشبعة بالأُطر المرجعية حلت العديد من القيود التي عرفت على الفور أنها صحيحة.

لقد استغرق الأمر منا أكثر من ثلاث سنوات للعمل على الآثار المترتبة على هذا الاكتشاف، وكما أكتب، ما زلنا لم ننتهِ. لقد نشرنا عدة مقالات حول ذلك حتى الآن. المقالة الأولى بعنوان «نظرية حول كيفية تمكين الأعمدة في القشرة المخية الحديثة من تعلم بنية العالم.» تبدأ هذه المقالة بالدائرة نفسها التي وصفناها في مقالة عام 2016 حول الخلايا العصبية وذاكرة التسلسل. ثم أضفنا طبقة واحدة من الخلايا العصبية تمثل الموقع وطبقة ثانية تمثل الكائن الذي يتم استشعاره. مع هذه الإضافات، أظهرنا أن عموداً قشرياً واحداً يمكنه التعرف إلى الشكل ثلاثي الأبعاد للأشياء عن طريق الاستشعار، والتحرك، والاستشعار والتحرك.

على سبيل المثال، تخيل الوصول إلى صندوق أسود ولمس كائن جديد بإصبع واحد؛ يمكنك معرفة شكل الكائن بأكمله عن طريق تحريك إصبعك على حوافه. شرحت مقالتنا كيف يمكن لعمود قشري واحد القيام بذلك. أظهرنا أيضاً كيف يمكن للعمود التعرف على كائن تم تعلمه مسبقاً بنفس الطريقة، على سبيل المثال عن طريق تحريك إصبع. ثم أوضحنا كيف تعمل أعمدة متعددة في القشرة المخية الحديثة معاً للتعرف على الكائنات بسرعة أكبر. على سبيل المثال، إذا وصلت إلى الصندوق الأسود وجذبت شيئاً غير معروف بيدك بأكملها، فيمكنك التعرف عليه بحركات أقل وفي بعض الحالات في قبضة واحدة.

كنا قلقين بشأن تقديم هذه المقالة وناقشنا ما إذا كان علينا الانتظار. كنا نقترح أن تعمل القشرة المخية الحديثة بأكملها من خلال إنشاء إطارات مرجعية، مع وجود عدة آلاف نشطة في وقت واحد. كانت هذه فكرة راديكالية. ومع ذلك، لم يكن لدينا اقتراح حول كيفية إنشاء الخلايا العصبية بالفعل لأطر مرجعية. كانت حجتنا شيئاً مثل، «لقد استنتجنا أن المواقع والأطر المرجعية يجب أن تكون موجودة، وبافتراض وجودها، فإليك كيفية عمل العمود القشري. وبالمناسبة، لا نعرف كيف يمكن للخلايا العصبية أن تنشئ إطارات مرجعية». قررنا تقديم المقالة البحثية على أي حال. سألت نفسي، هل أرغب في قراءتها رغم أنها غير مكتملة؟ كان جوابي نعم. كانت فكرة أن القشرة المخية الحديثة تمثل المواقع والأطر المرجعية في كل عمود مثيرة للغاية بحيث يصعب التراجع عنها لمجرد أننا لم نكن نعرف كيف تفعل الخلايا العصبية ذلك. كنت على ثقة من أن الفكرة الأساسية كانت صحيحة.

يستغرق تجميع المقالة البحثية وقتاً طويلاً، إذ يمكن أن تستغرق الكتابة وحدها شهوراً، وغالباً ما تكون هناك عمليات محاكاة للتشغيل، والتي قد تستغرق شهوراً إضافية. قرب نهاية هذه العملية، خطرت لي فكرة أضفناها إلى المقالة قبل إرسالها مباشرة، فاقترحت أننا قد نجد إجابة لكيفية إنشاء الخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة للأطر المرجعية من خلال النظر إلى جزء أقدم من الدماغ يسمى القشرة المخية الأنفية الداخلية. بحلول الوقت الذي تم فيه قبول المقالة بعد بضعة أشهر، علمنا أن هذا التخمين كان صحيحاً، كما سأناقش في الفصل التالي.

لقد غطينا كثيراً من الأمور في هذا الفصل، لذلك دعونا نجرِ مراجعة سريعة؛ كان الهدف من هذا الفصل هو تعريفك بفكرة أن كل عمود قشري في القشرة المخية الحديثة ينشئ أُطراً مرجعية. مررت بك عبر الخطوات التي اتخذناها للتوصل إلى هذا الاستنتاج. بدأنا بفكرة أن القشرة المخية الحديثة تتعلم نموذجاً غنياً ومفصلاً للعالم، والذي تستخدمه للتوقع باستمرار بمدخلاته الحسية التالية. ثم سألنا كيف يمكن للخلايا العصبية أن تصنع هذه التوقعات. قادنا هذا إلى نظرية جديدة مفادها أن معظم التوقعات تُمثل من خلال طفرات التغصنات التي تغير الجهد داخل الخلية العصبية مؤقتاً وتجعل العصبون ينطلق في وقت أقرب قليلاً مما يمكن أن يحدث. لا يتم إرسال التوقعات على طول محور الخلية إلى الخلايا العصبية الأخرى، وهو ما يفسر سبب عدم إدراكنا لمعظمها. ثم أوضحنا كيف يمكن للدوائر في القشرة المخية الحديثة التي تستخدم نموذج الخلايا العصبية الجديد أن تتعلم وتتوقع بالتسلسلات. لقد طبقنا هذه الفكرة على السؤال حول كيف يمكن لمثل هذه الدائرة أن تتوقع المدخلات الحسية التالية عندما تتغير المدخلات بسبب حركاتنا الخاصة، ولعمل هذه التوقعات الحسية الحركية، استنتجنا أن كل عمود قشري يجب أن يعرف موقع مدخلاته بالنسبة إلى الشيء الذي يتم استشعاره. للقيام بذلك، يتطلب العمود القشري إطاراً مرجعياً ثابتاً على الكائن.

الفصل الخامس
خرائط في الدماغ

لقد استغرق الأمر سنوات حتى نستنتج أن الأطر المرجعية موجودة في شتى أنحاء القشرة المخية الحديثة، وكان ذلك بعد فوات الأوان، لأنه كان بإمكاننا فهم هذا منذ وقت طويل بملاحظة بسيطة. الآن، أجلس في صالة صغيرة بمكتب نومينتا. يوجد بالقرب مني ثلاثة كراسي مريحة تشبه المقعد الذي أجلس فيه. خلف الكراسي توجد عدة مكاتب قائمة بذاتها. خلف المكاتب، أرى مبنى محكمة المقاطعة القديمة عبر الشارع. يدخل الضوء من هذه الأشياء إلى عيني ويسقط على شبكية العين. تقوم الخلايا الموجودة في شبكية العين بتحويل الضوء إلى أشواك. هذا هو المكان الذي تبدأ فيه الرؤية، في الجزء الخلفي من العين. لماذا إذن لا ندرك الأشياء على أنها في العين؟ إذا تم تصوير الكراسي، والمكاتب، ودار القضاء بجانب بعضها البعض على شبكية العين، فكيف أرى أنها على مسافات مختلفة ومواقع مختلفة؟ وبالمثل، إذا سمعت سيارة تقترب، فلماذا أرى السيارة على بعد مئة قدم عن يميني وليس في أذني، حيث يوجد الصوت في الواقع؟

هذه الملاحظة البسيطة، وهي أننا ندرك الأشياء على أنها موجودة في مكان ما - ليس في أعيننا وآذاننا، ولكن في مكان ما في العالم - تخبرنا أن الدماغ يجب أن يكون لديه خلايا عصبية يمثل نشاطها موقع كل شيء ندركه.

في نهاية الفصل السابق، أخبرتك أننا كنا قلقين بشأن تقديم أول ورقة لدينا حول الأطر المرجعية لأننا، في ذلك الوقت، لم نكن نعرف كيف يمكن للخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة القيام بذلك. كنا نقترح نظرية جديدة رئيسية حول كيفية عمل القشرة المخية الحديثة، لكن النظرية كانت تستند إلى حد كبير على الاستنتاج المنطقي. ستكون الورقة أقوى إذا تمكنا من إظهار كيفية قيام الخلايا العصبية بذلك. في اليوم السابق لتقديمنا، أضفت بضعة أسطر من النص تشير إلى إمكانية العثور على الإجابة في جزء أقدم من الدماغ يسمى القشرة المخية الأنفية الداخلية. سأخبركم لماذا اقترحنا ذلك بقصة عن التطور.

قصة تطورية

عندما بدأت الحيوانات في التحرك للمرة الأولى في العالم، احتاجت إلى آلية لتحديد طريقة التحرك. الحيوانات البسيطة لديها آليات بسيطة. على سبيل المثال، تتبع بعض البكتيريا التدرجات. إذا كانت كمية الموارد المطلوبة، مثل الغذاء، تتزايد، فمن المرجح أن تستمر في التحرك في نفس الاتجاه. إذا كانت الكمية تتناقص، فمن المرجح أن تحاول اتجاه مختلف. لا تعرف البكتيريا مكانها. ليس لديها أي طريقة لتمثيل موقعها في العالم. إنها تمضي قدماً وتستخدم قاعدة بسيطة لتقرير وقت الانعطاف. قد يتحرك حيوان أكثر تطوراً قليلاً، مثل دودة الأرض، للبقاء ضمن النطاقات المرغوبة من الدفء والطعام والماء، لكنه لا يعرف مكانه في الحديقة، ولا يعرف مدى بعد مسار الطوب، أو الاتجاه والمسافة لأقرب مركز سياج.

فكّر الآن في المزايا الممنوحة للحيوان الذي يعرف مكانه، حيوان يعرف دائماً موقعه بالنسبة إلى بيئته. يمكن للحيوان أن يتذكر أين وجد طعاماً في الماضي والأماكن التي كان يستخدمها كمأوى. يمكن للحيوان بعد ذلك حساب كيفية الانتقال من موقعه الحالي إلى هذه المواقع وغيرها من المواقع التي تمت زيارتها سابقاً. يمكن للحيوان أن يتذكر المسار الذي سلكه إلى حفرة الري وما حدث في مواقع مختلفة على طول الطريق، إن معرفة موقعك وموقع الأشياء الأخرى في العالم له مزايا عديدة، لكنه يتطلب إطاراً مرجعياً.

تذكر أن الإطار المرجعي يشبه شبكة الخريطة. على سبيل المثال، على الخريطة الورقية، يمكنك تحديد موقع شيء ما باستخدام الصفوف والأعمدة المسماة، مثل الصف D والعمود 7. تعتبر صفوف وأعمدة الخريطة إطاراً مرجعياً للمنطقة التي تمثلها الخريطة. إذا كان للحيوان إطار مرجعي لعالمه، فعندما يستكشفه يمكنه ملاحظة ما وجده في كل موقع. عندما يريد الحيوان الذهاب إلى مكان ما، مثل ملجأ، يمكنه استخدام الإطار المرجعي لمعرفة كيفية الوصول إلى هناك من موقعه الحالي. وجود إطار مرجعي لعالمك مفيد للبقاء على قيد الحياة.

تعد القدرة على التنقل في العالم أمراً ذا قيمة كبيرة لدرجة أن التطور اكتشف طرقاً متعددة للقيام بذلك. على سبيل المثال، يمكن لبعض نحل العسل التواصل مع المسافة والاتجاه باستخدام شكل من أشكال الرقص. لدى الثدييات، مثلنا، نظام إبحار داخلي قوي. هناك خلايا عصبية في الجزء القديم من دماغنا معروفة بتعلم خرائط الأماكن التي زرناها، وكانت هذه الخلايا العصبية تحت ضغط تطوري لفترة طويلة بحيث ضُبطت لتقوم بما تقوم به. لدى الثدييات، تسمى أجزاء الدماغ القديمة حيث توجد هذه الخلايا العصبية التي تصنع الخريطة الحُصين والقشرة الشوكية الداخلية. في البشر، تكون هذه الأعضاء بحجم الإصبع تقريباً. هناك مجموعة واحدة على كل جانب من الدماغ، بالقرب من المركز.

الخرائط في الدماغ القديم

في العام 1971، وضع العالم جون أوكيف وطالبه جوناثان دوستروفسكي سلكاً في دماغ فأر. سجل السلك النشاط المتصاعد لخلية عصبية واحدة في الحُصين. ارتفع السلك نحو السقف حتى يتمكنوا من تسجيل نشاط الخلية أثناء تحرك الجرذ واستكشاف بيئتها، والتي كانت عادةً صندوقاً كبيراً على طاولة. لقد اكتشفا ما يسمى الآن بالخلايا المكانية: الخلايا العصبية التي تشتعل في كل مرة يكون فيها الجرذ في مكان معين في بيئة معينة. خلية المكان تشبه علامة «أنت هنا» على الخريطة. مع تحرك الجرذ، تنشط خلايا مكان مختلفة في كل موقع جديد. إذا عاد الجرذ إلى مكان كان فيه من قبل، تصبح خلية المكان نفسها نشطة مرة أخرى.

في عام 2005، استخدم العالمان مايو بريت موسير إدوارد موسر إعداداً تجريبياً مشابهاً، مرة أخرى مع الفئران. في تجاربها، قاما بتسجيل إشارات من الخلايا العصبية في القشرة الشوكية الداخلية المجاورة للحصين، واكتشفا ما يسمى الآن بالخلايا الشبكية، والتي تطلق إشارات في مواقع متعددة في بيئة. تشكل المواقع التي تصبح فيها خلية الشبكة نشطة نمط شبكة. إذا تحرك الجرذ في خط مستقيم، فإن نفس خلية الشبكة تصبح نشطة مراراً وتكراراً، على فترات متباعدة بشكل متساوٍ.

تفاصيل كيفية عمل خلايا المكان وخلايا الشبكة معقدة ولا تزال غير مفهومة تماماً، ولكن يمكن التفكير فيها على أنها إنشاء خريطة للبيئة التي يشغلها الجرذ. تشبه خلايا الشبكة صفوف وأعمدة الخريطة الورقية، ولكنها مغطاة ببيئة الحيوان. إنها تسمح للحيوان بمعرفة مكانه، والتوقع بمكانه عندما يتحرك، وتخطيط الحركات. على سبيل المثال، إذا كنت في الموقع B4 على الخريطة وأردت الوصول إلى الموقع D6، يمكنني استخدام شبكة الخريطة لأعرف أنه يتعين عليّ الانتقال مربعين إلى اليمين ومربعين إلى الأسفل.

لكن الخلايا الشبكية وحدها لا تخبرك بما هو موجود في الموقع. على سبيل المثال، إذا أخبرتك أنك كنت في الموقع A6 على خريطة، فإن هذه المعلومات لا تخبرك بما ستجده هناك. لمعرفة ما هو موجود في A6، عليك إلقاء نظرة على الخريطة ومعرفة ما تم طباعته في المربع المقابل. تشبه خلايا المكان التفاصيل المطبوعة في المربع. تعتمد خلايا المكان التي تصبح نشطة على ما يستشعره الجرذ في مكان معين. تخبر خلايا المكان الجرذ بالمكان الذي يعتمد فيه على الإدخال الحسي، لكن خلايا المكان وحدها لا تفيد في تخطيط الحركات، التي تتطلب خلايا الشبكة. يعمل نوعا الخلايا معاً لإنشاء نموذج كامل لبيئة الفئران.

في كل مرة يدخل فيها فأر بيئة، تنشئ خلايا الشبكة إطاراً مرجعياً. إذا كانت بيئة جديدة، فإن خلايا الشبكة تنشئ إطاراً مرجعياً جديداً. إذا تعرف الجرذ إلى البيئة، فإن خلايا الشبكة تعيد إنشاء الإطار

المرجعي المستخدم مسبقاً. هذه العملية مماثلة لدخولك المدينة. إذا نظرت حولك، وأدركت أنه سبق لك أن كنت هنا، فإنك تسحب الخريطة الصحيحة لتلك المدينة. إذا بدت المدينة غير مألوفة، فأنت تأخذ قطعة فارغة من الورق، وتبدأ في إنشاء خريطة جديدة. بينما تتجول في المدينة، تكتب على خريطتك ما تراه في كل موقع. هذا ما تفعله الخلايا الشبكية وخلايا المكان. إنهما تنشأان خرائط فريدة لكل بيئة. عندما يتحرك الجرذ، تتغير خلايا الشبكة النشطة وخلايا المكان النشطة لتعكس الموقع الجديد.

البشر لديهم خلايا شبكية وخلايا مكان أيضاً. ما لم تكن مرتبكاً تماماً، لديك دائماً إحساس بمكانك. أنا الآن أقف في مكتبي. حتى لو أغمضت عيني، فإن إحساسي بالموقع يستمر، وما زلت أعرف مكاني. إذا أبقيت عيني مغمضتين، وخطوت خطوتين إلى يميني يتغير إحساسي بالموقع في الغرفة. لقد أنشأت الخلايا الشبكية وخلايا المكان في عقلي خريطة لمكتبي، وهي تتعقب مكاني في مكتبي، حتى عندما تكون عيناي مغمضتين. أثناء المشي، تتغير الخلايا النشطة لتعكس موقعي الجديد. البشر، الجرذان، في الواقع جميع الثدييات تستخدم الآلية نفسها لمعرفة موقعنا. لدينا جميعاً خلايا شبكية وخلايا مكان تنشئ نماذج للأماكن التي كنا فيها.

الخرائط في الدماغ الجديد

عندما كنا نكتب الورقة الخاصة بنا في العام 2017 بشأن المواقع والأطر المرجعية في القشرة المخية الحديثة، كان لديّ بعض المعرفة بخلايا المكان وخلايا الشبكة. خطر لي أن معرفة موقع إصبعي بالنسبة إلى القهوة يشبه معرفة موقع جسدي بالنسبة إلى الغرفة. يتحرك إصبعي حول الفنجان بالطريقة نفسها التي يتحرك بها جسدي في الغرفة. أدركت أن القشرة المخية الحديثة قد تحتوي على خلايا عصبية مكافئة لتلك الموجودة في الحُصين والقشرة الشوكية الداخلية. ستتعلم خلايا المكان القشرية وخلايا الشبكة القشرية نماذج من الأشياء بطريقة مشابهة لكيفية تعلم خلايا المكان وخلايا الشبكة في الدماغ القديم نماذج البيئات.

نظراً لدورها الأساسي في التنقل، ربما يكون من المؤكد أن خلايا المكان وخلايا الشبكة أقدم تطورياً من القشرة المخية الحديثة. لذلك، اعتقدت أنه من المرجح أن القشرة المخية الحديثة تنشئ أُطراً مرجعية باستخدام مشتق من الخلايا الشبكية أكثر من أنها طورت آلية جديدة من الصفر. لكن في عام 20، لم نكن على علم بأي دليل على أن القشرة المخية الحديثة لديها أي شيء مشابه للخلايا الشبكية أو خلايا المكان، لقد كان ذلك بمثابة تكهنات مستنيرة.

بعد وقت قصير من قبول بحثنا لعام 2017، علمنا بالتجارب الحديثة التي تشير إلى أن الخلايا

الشبكية قد تكون موجودة في أجزاء من القشرة المخية الحديثة. (سأناقش هذه التجارب في الفصل السابع). كان هذا مشجعاً. كلما درسنا الأدبيات المتعلقة بالخلايا الشبكية وخلايا المكان، زادت ثقتنا في أن الخلايا التي تؤدي وظائف مماثلة موجودة في كل عمود قشري. قدمنا هذه الحجة للمرة الأولى في ورقة بحثية نُشرت عام 2019 بعنوان «إطار عمل للذكاء والوظيفة القشرية استناداً إلى الخلايا الشبكية في القشرة المخية الحديثة».

مرة أخرى، لتعلم نموذج كامل لشيء ما، تحتاج إلى كل من الخلايا الشبكية وخلايا المكان. تنشئ خلايا الشبكة إطاراً مرجعياً لتحديد المواقع وحركات التخطيط. ولكنك تحتاج أيضاً إلى معلومات محسوسة، ممثلة بخلايا المكان، لربط المدخلات الحسية بالمواقع الموجودة في الإطار المرجعي.

آليات رسم الخرائط في القشرة المخية الحديثة ليست نسخة طبق الأصل من تلك الموجودة في الدماغ القديم. تشير الدلائل إلى أن القشرة المخية الحديثة تستخدم نفس الآليات العصبية الأساسية، لكنها مختلفة من نواحٍ عديدة. يبدو الأمر كما لو أن الطبيعة جردت الحُصين والقشرة المخية الداخلية إلى أدنى شكل، وصنعت عشرات الآلاف من النسخ، ورتبتها جنباً إلى جنب في أعمدة قشرية، التي أصبحت القشرة المخية الحديثة.

غالباً ما تتعقب الخلايا الشبكية وخلايا المكان في الدماغ القديم موقع شيء واحد: الجسم. إنها تعرف مكان الجسد في بيئته الحالية. من ناحية أخرى، تحتوي القشرة المخية الحديثة على حوالى مئة وخمسين ألف نسخة من هذه الدائرة، واحدة لكل عمود قشري. لذلك، تتعقب القشرة المخية الحديثة آلاف المواقع في وقت واحد. على سبيل المثال، كل رقعة صغيرة من جلدك وكل رقعة صغيرة من شبكية العين لها إطارها المرجعي الخاص في القشرة المخية الحديثة. تلمس أطراف أصابعك الخمسة فنجاناً مثل خمسة فئران تستكشف صندوقاً.

خرائط ضخمة في مساحات صغيرة

إذن، كيف يبدو النموذج في الدماغ؟ كيف تقوم القشرة المخية الحديثة بحشو مئات النماذج في كل مليمتر مربع؟ لفهم كيفية عمل ذلك، دعنا نعد إلى تشبيهنا بالخريطة الورقية. لنفترض أن لديّ خريطة لمدينة. قمت بنشرها على طاولة، ورأيت أنه تم تمييزها بصفوف وأعمدة تقسمها إلى مئة مربع. A1 هو أعلى اليسار وJ10 أسفل اليمين. وطبع في كل مربع أشياء قد أراها في ذلك الجزء من المدينة.

آخذ مقصاً وأقطع كل مربع، وأضع علامة عليه بإحداثيات شبكته: B6، G1، وما إلى ذلك، وأضع أيضاً علامة على كل مربع بالمدينة 1. ثم أفعل الشيء نفسه لتسع خرائط أخرى، كل خريطة تمثل مدينة

مختلفة. لديّ الآن ألف مربع: مئة خريطة مربعة لكل مدينة من عشر مدن. أخلط المربعات وأضعها في كومة. على الرغم من أن كدستي تحتوي على عشر خرائط كاملة، إلا أنه يمكن رؤية موقع واحد فقط في كل مرة. الآن يقوم شخص ما بعصب عيني ويوصلني إلى مكان عشوائي في إحدى المدن العشر. أزلت العصابة عن عيني، نظرت حولي. في البداية، لم أعرف أين أنا. ثم رأيت أنني أقف أمام نافورة بها تمثال لامرأة تقرأ كتاباً. أقلب مربعات خريطتي، واحداً تلو الآخر، حتى أرى واحدة تُظهر هذه النافورة. مربع الخريطة يسمى المدينة 3، الموقع D2. الآن أعرف المدينة التي أعيش فيها وأعرف مكاني في تلك المدينة.

هناك العديد من الأشياء التي يمكنني القيام بها بعد ذلك. على سبيل المثال، يمكنني توقع ما سأراه إذا بدأت المشي. موقعي الحالي هو D2. إذا مشيت شرقاً، سأكون في D3. أبحث في كدست المربعات الخاصة بي للعثور على المربع المسمى المدينة 3، D3. يظهر ملعب. بهذه الطريقة يمكنني التوقع بما سأواجهه إذا تحركت في اتجاه معين.

ربما أريد أن أذهب إلى مكتبة المدينة. يمكنني البحث في كدست المربعات الخاصة بي حتى أرى حدة تعرض مكتبة في المدينة 3. هذا المربع يسمى G7. بالنظر إلى أنني في D2، يمكنني حساب أنه يجب عليّ السفر ثلاثة مربعات شرقاً وخمسة مربعات جنوباً للوصول إلى المكتبة. يمكنني أن أسلك عدة طرق مختلفة للوصول إلى هناك. باستخدام مربعات الخريطة الخاصة بي، واحدة تلو الأخرى، يمكنني تصور ما سأواجهه على طول أي طريق معين. أختار واحداً يأخذني عبر متجر آيس كريم.

الآن فكّر في سيناريو مختلف. بعد أن نزلت في مكان غير معروف، وأزلت العصابة عن عيني، رأيت مقهى. لكن عندما أنظر من خلال كدست المربعات الخاصة بي، أجد خمسة منها تعرض مقهى مشابه المظهر. هناك مقهيان في مدينة واحدة، والأخرى في مدن مختلفة. يمكن أن أكون في أي من هذه المواقع الخمسة. ماذا عليّ أن أفعل؟ يمكنني القضاء على الغموض عن طريق التحرك. ألقي نظرة على المربعات الخمسة حيث قد أكون، ثم أبحث عما سأراه إذا سرت جنوباً من كل منها. تختلف الإجابة في كل مربع من المربعات الخمسة. لمعرفة مكاني، أمشي جسدياً جنوباً. ما أجده هناك يقضي على عدم يقيني. أنا الآن أعرف أين أنا.

تختلف طريقة استخدام الخرائط هذه عن الطريقة التي نستخدمها بها عادةً. أولاً، تحتوي مجموعة مربعات الخرائط لدينا على جميع خرائطنا. بهذه الطريقة، نستخدم الكدسة لمعرفة كل من المدينة التي نحن فيها وأين نحن في تلك المدينة.

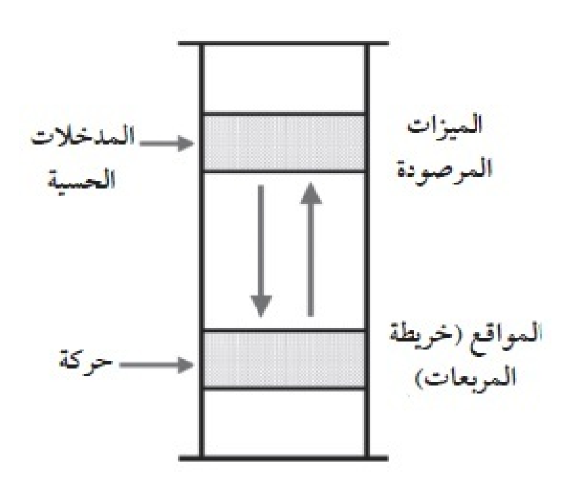
ثانياً، إذا لم نكن متأكدين من مكاننا، فيمكننا تحديد مدينتنا وموقعنا من خلال الانتقال. هذا ما يحدث عندما تصل إلى صندوق أسود وتلمس شيئاً غير معروف بإصبع واحد. بلمسة واحدة ربما لا يمكنك تحديد

الشيء الذي تشعر به. قد تضطر إلى تحريك إصبعك مرة واحدة أو أكثر لاتخاذ هذا القرار. من خلال الحركة، تكتشف شيئين في الوقت نفسه: في اللحظة التي تتعرف فيها إلى الشيء الذي تلمسه، ستعرف أيضاً مكان إصبعك على الشيء.

أخيراً، يمكن لهذا النظام التوسع للتعامل مع عدد كبير من الخرائط والقيام بذلك بسرعة. في تشبيه الخريطة الورقية، وصفت النظر إلى مربعات الخريطة واحدة تلو الأخرى. قد يستغرق هذا كثيراً من الوقت إذا كان لديك العديد من الخرائط. مع ذلك، تستخدم الخلايا العصبية ما يسمى بالذاكرة الترابطية. التفاصيل ليست مهمة هنا، لكنها تسمح للخلايا العصبية بالبحث من خلال جميع مربعات الخريطة مرة واحدة. تستغرق الخلايا العصبية القدر نفسه من الوقت للبحث في ألف خريطة مثل البحث من خلال واحدة.

الخرائط في العمود القشري

دعونا الآن نفكر في كيفية تنفيذ النماذج الشبيهة بالخرائط بواسطة الخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة. تفيد نظريتنا أن كل عمود قشري يمكنه تعلم نماذج لأشياء كاملة. لذلك، فإن كل عمود - كل مليمتر مربع من القشرة المخية الحديثة - له مجموعته الخاصة من مربعات الخريطة. كيف يقوم العمود القشري بهذا الأمر معقد، هذا ما لم نفهمه بالكامل بعد، لكننا نفهم الأساسيات.



نموذج لعمود قشري

تذكر أن العمود القشري يحتوي على طبقات متعددة من الخلايا العصبية. هناك حاجة إلى العديد من هذه الطبقات لإنشاء مربعات الخريطة. فيما يلي رسم تخطيطي مبسط لإعطائك لمحة عما نعتقد أنه

يحدث في عمود قشري.

يمثل هذا الشكل طبقتين من الخلايا العصبية (المربعات المظللة) في عمود قشري واحد. على الرغم من أن العمود صغير للغاية، يبلغ عرضه حوالى ملليمتر واحد، إلا أن كل طبقة من هذه الطبقات تحتوي على عشرة آلاف خلية عصبية.

تستقبل الطبقة العليا المدخلات الحسية للعمود. عندما يصل أحد المدخلات، فإنه يتسبب في تنشيط عدة مئات من الخلايا العصبية. في تشبيه الخريطة الورقية، تمثل الطبقة العليا ما تلاحظه في مكان ما، مثل النافورة.

تمثل الطبقة السفلية الموقع الحالي في إطار مرجعي. في القياس، تمثل الطبقة السفلية موقعاً - مثل المدينة 3، D2 - لكنها لا تمثل ما يتم ملاحظته هناك. إنه يشبه المربع الفارغ، المسمى فقط بالمدينة 3، الموقع D2.

يمثل السهمان الرأسيان الاتصالات بين مربعات الخريطة الفارغة (الطبقة السفلية) وما يظهر في ذلك الموقع (الطبقة العليا). السهم المتجه إلى الأسفل يشير إلى كيفية ارتباط ميزة ملحوظة، مثل النافورة، بموقع معين في مدينة معينة. يربط السهم المتجه إلى أعلى موقعاً معيناً - المدينة 3، D2 - بميزة تمت ملاحظتها. تكافئ الطبقة العليا تقريباً خلايا المكان والطبقة السفلية تكافئ تقريباً خلايا الشبكة.

يتم تحقيق تعلم كائن جديد، مثل فنجان القهوة، غالباً عن طريق تعلم الروابط بين الطبقتين، الأسهم الرأسية. بعبارة أخرى، يتم تحديد كائن مثل فنجان القهوة من خلال مجموعة من الميزات الملحوظة (الطبقة العليا) المرتبطة بمجموعة من المواقع على الفنجان (الطبقة السفلية). إذا كنت تعرف الميزة، فيمكنك تحديد الموقع. إذا كنت تعرف الموقع، يمكنك توقع الميزة.

يذهب التدفق الأساسي للمعلومات على النحو التالي: وصول المدخلات الحسية وتمثلها الخلايا العصبية في الطبقة العليا. هذا يستدعي الموقع في الطبقة السفلى المرتبط بالمدخلات. عند حدوث حركة، مثل تحريك إصبع، تتغير الطبقة السفلية إلى الموقع الجديد المتوقع، وهذا يؤدي إلى توقع الإدخال التالي في الطبقة العليا.

إذا كان الإدخال الأصلي غامضاً، مثل المقهى، فإن الشبكة تنشّط مواقع متعددة في الطبقة السفلية —— على سبيل المثال، جميع المواقع التي يوجد بها مقهى. هذا ما يحدث إذا لمست حافة فنجان قهوة بإصبع واحد. تحتوي العديد من الكائنات على حافة، لذا لا يمكنك في البداية أن تكون متأكداً من الشيء الذي تلمسه. عندما تتحرك، تقوم الطبقة السفلية بتغيير كل المواقع الممكنة، والتي تنشئ بعد ذلك توقعات متعددة في الطبقة العليا. سيؤدي الإدخال التالي إلى حذف أي مواقع غير متطابقة.

قمنا بمحاكاة هذه الدائرة المكونة من طبقتين في البرنامج باستخدام افتراضات واقعية لعدد الخلايا العصبية في كل طبقة. أظهرت عمليات المحاكاة التي أجريناها أنه لا يمكن للأعمدة القشرية الفردية فقط التعرف إلى نماذج الكائنات، ولكن يمكن لكل عمود تعلم المئات منها. تم وصف الآلية العصبية وعمليات المحاكاة في بحثنا لعام 2019 بعنوان «المواقع في القشرة المخية الحديثة: نظرية التعرف إلى الكائنات الحسية الحركية باستخدام خلايا الشبكة القشرية».

توجيه

هناك أشياء أخرى يجب أن يقوم بها العمود القشري لتعلم نماذج للأشياء. على سبيل المثال، يجب أن يكون هناك تمثيل للتوجه. لنفترض أنك تعرف المدينة التي تتواجد فيها وتعرف موقعك في تلك المدينة. سأسألك الآن: «ماذا سترى إذا مشيت إلى الأمام مجمعاً واحداً؟» ستسألني: «في أي اتجاه أسير؟». إن معرفة موقعك لا يكفي للتوقع بما ستراه عند المشي؛ تحتاج أيضاً إلى معرفة الطريقة التي تواجهها، وتوجهك. التوجيه مطلوب أيضاً للتوقع بما ستراه من موقع معين. على سبيل المثال، عند الوقوف في زاوية شارع، قد ترى مكتبة عندما تواجه الشمال وملعباً عندما تواجه الجنوب.

هناك خلايا عصبية في الدماغ القديم تسمى خلايا اتجاه الرأس. كما يوحي اسمها، تمثل هذه الخلايا الاتجاه الذي يواجهه رأس الحيوان. تعمل خلايا اتجاه الرأس مثل البوصلة، لكنها غير مرتبطة بالشمال المغناطيسي. إنها متوائمة مع غرفة أو بيئة. إذا وقفت في غرفة مألوفة، ثم أغمضت عينيك، فستحتفظ بإحساس بالطريق الذي تواجهه. إذا قمت بإدارة جسدك، مع إبقاء عينيك مغمضتين، يتغير إحساسك بالاتجاه. يتم إنشاء هذا الإحساس بواسطة خلايا اتجاه رأسك. عندما تقوم بتدوير جسمك، تتغير خلايا اتجاه رأسك لتعكس اتجاهك الجديد في الغرفة.

يجب أن تحتوي الأعمدة القشرية على خلايا تؤدي وظيفة مكافئة لخلايا اتجاه الرأس. نشير إليها بخلايا توجيه المصطلح الأكثر عمومية. تخيل أنك تلمس حافة فنجان القهوة بسبابتك. الانطباع الفعلي للإصبع يعتمد على اتجاه الإصبع. يمكنك، على سبيل المثال، إبقاء إصبعك في المكان نفسه مع تدويره حول نقطة الاتصال. كما تفعل، يتغير الإحساس بالإصبع. لذلك، من أجل التوقع بمدخلاته، يجب أن يكون للعمود القشري تمثيل للاتجاه. للتبسيط، لم أعرض خلايا الاتجاه والتفاصيل الأخرى في الرسم التخطيطي أعلاه للعمود القشري.

للتلخيص، اقترحنا أن يتعلم كل عمود قشري نماذج من الأشياء. تقوم الأعمدة بذلك باستخدام الطريقة الأساسية نفسها التي يستخدمها الدماغ القديم لتعلم نماذج من البيئات. لذلك، اقترحنا أن يحتوي كل

عمود قشري على مجموعة من الخلايا المكافئة للخلايا الشبكية، ومجموعة أخرى مكافئة لخلايا المكان، ومجموعة أخرى مكافئة لخلايا اتجاه الرأس، وجميعها تم اكتشافها للمرة الأولى في أجزاء من الدماغ القديم. توصلنا إلى فرضيتنا عن طريق الاستنتاج المنطقي. سأدرج في الفصل السابع، الأدلة التجريبية المتزايدة التي تدعم اقتراحنا.

لكن أولاً، سنوجه انتباهنا إلى القشرة المخية الحديثة ككل. تذكر أن كل عمود قشري صغير، الذي يبلغ عرضة قرابة قطعة رفيعة من السباغيتي، والقشرة المخية الحديثة كبيرة، بحجم منديل العشاء. لذلك، هناك حوالى مئة وخمسين ألف عمود في القشرة المخية الحديثة للإنسان. ليست كل الأعمدة القشرية عبارة عن كائنات نمذجة. ما تفعله بقية الأعمدة هو موضوع الفصل التالي.

الفصل السادس
المفاهيم واللغة والتفكير عالي المستوى

وظائفنا المعرفية الفائقة هي أكثر ما يميزنا عن أبناء عمومتنا الرئيسيين. تتشابه قدرتنا على الرؤية والسمع مع قدرة القرد، ولكن البشر فقط هم من يستخدمون لغة معقدة، ويصنعون أدوات معقدة مثل الحواسيب، ويكونون قادرين على التفكير في مفاهيم مثل التطور، وعلم الوراثة، والديمقراطية.

اقترح فيرنون ماونتكاسل أن كل عمود في القشرة المخية الحديثة يؤدي الوظيفة الأساسية نفسها. لكي يكون هذا صحيحاً، فإن اللغة والقدرات المعرفية الأخرى عالية المستوى، في بعض المستويات الأساسية، هي نفسها الرؤية واللمس والسمع. هذا ليس واضحاً. لا تبدو قراءة شكسبير مشابهة لالتقاط فنجان قهوة، لكن هذا هو مضمون ما اقترحه ماونتكاسل.

عرف ماونتكاسل أن الأعمدة القشرية ليست متطابقة تماماً. هناك اختلافات مادية، على سبيل المثال، بين الأعمدة التي تحصل على مدخلات من أصابعك والأعمدة التي تفهم اللغة، ولكن هناك أوجه تشابه أكثر من الاختلافات. لذلك، استنتج أنه يجب أن يكون هناك بعض الوظائف الأساسية التي تكمن وراء كل شيء تقوم به القشرة المخية الحديثة، ليس فقط الإدراك، ولكن كل الأشياء التي نفكر فيها على أنها ذكاء.

يصعب على كثير من الناس قبول فكرة أن القدرات المتنوعة مثل الرؤية، واللمس، واللغة، والفلسفة هي نفسها في الأساس. لم يقترح ماونتكاسل ما هي الوظيفة المشتركة، ومن الصعب تخيل ما يمكن أن يكون، لذلك من السهل تجاهل اقتراحه أو رفضه تماماً. على سبيل المثال، غالباً ما يصف اللغويون اللغة بأنها مختلفة عن جميع القدرات المعرفية الأخرى. إذا تبنوا اقتراح ماونتكاسل، فقد يبحثون عن القواسم المشتركة بين اللغة والرؤية لفهم اللغة بشكل أفضل. بالنسبة إليّ، هذه الفكرة مثيرة للغاية بحيث لا يمكن تجاهلها، وأجد أن الدليل التجريبي يدعم بأغلبية ساحقة اقتراح ماونتكاسل. لذلك، تبقى لدينا لغز رائعاً: ما نوع الوظيفة، أو الخوارزمية، التي يمكن أن تنتج جميع جوانب الذكاء البشري؟

لقد وصفت حتى الآن نظرية كيفية تعلم الأعمدة القشرية نماذج لأشياء مادية مثل فناجين القهوة، والكراسي، والهواتف الذكية. تفيد النظرية أن الأعمدة القشرية تنشئ أطراً مرجعية لكل كائن مرصود. تذكر أن الإطار المرجعي يشبه شبكة ثلاثية الأبعاد غير مرئية تحيط بشيء ما. يسمح الإطار المرجعي للعمود القشري معرفة مواقع الميزات التي تحدد شكل الكائن، وفي مصطلحات أكثر تجريداً، يمكننا التفكير في الأطر المرجعية على أنها طريقة لتنظيم أي نوع من المعرفة. يتوافق الإطار المرجعي لفنجان القهوة مع شيء مادي يمكننا لمسه ورؤيته. مع ذلك، يمكن أيضاً استخدام الأطر المرجعية لتنظيم المعرفة بالأشياء التي لا يمكننا الشعور بها بشكل مباشر.

فكّر في كل الأشياء التي تعرف أنك لم تجربها بشكل مباشر. على سبيل المثال، إذا كنت قد درست علم الوراثة، فأنت على دراية بجزيئات الحمض النووي. يمكنك تصور شكلها الحلزوني المزدوج، وتعرف كيف تقوم بتشفير تسلسل الأحماض الأمينية باستخدام كود ATCG للنيوكليوتيدات، وأنت تعرف كيف تتكاثر جزيئات الحمض النووي عن طريق فك الضغط. بالطبع، لم يسبق لأحد أن رأى أو لمس جزيء DNA بشكل مباشر. لا يمكننا ذلك لأنه صغير جداً. لتنظيم معرفتنا بجزيئات الحمض النووي، نصنع الصور كما لو كان بإمكاننا رؤيتها ونماذج كما لو كنا نستطيع لمسها. يسمح لنا هذا بتخزين معرفتنا بجزيئات الحمض النووي في أطر مرجعية، تماماً مثل معرفتنا بفناجين القهوة.

نستخدم هذه الحيلة في كثير مما نعرفه. على سبيل المثال، نعرف الكثير عن الفوتونات، ونعرف الكثير عن مجرتنا؛ درب التبانة. مرة أخرى، نتخيلها كما لو كنا نستطيع رؤيتها ولمسها، وبالتالي يمكننا تنظيم الحقائق التي نعرفها عنها باستخدام آلية الإطار المرجعي نفسها التي نستخدمها للأشياء المادية اليومية. لكن المعرفة البشرية تمتد إلى أشياء لا يمكن تصورها. على سبيل المثال، لدينا معرفة بمفاهيم مثل الديمقراطية، وحقوق الإنسان، والرياضيات. نحن نعرف كثيراً من الحقائق حول هذه المفاهيم، لكننا غير قادرين على تنظيم هذه الحقائق بطريقة تشبه كائناً ثلاثي الأبعاد. لا يمكنك بسهولة تكوين صورة للديمقراطية.

لكن يجب أن يكون هناك شكل من أشكال التنظيم للمعرفة المفاهيمية. مفاهيم مثل الديمقراطية والرياضيات ليست مجرد كومة من الحقائق. نحن قادرون على التفكير فيها والتوقع بما سيحدث إذا تصرفنا بطريقة أو بأخرى. تخبرنا قدرتنا على القيام بذلك أنه يجب أيضاً تخزين المعرفة بالمفاهيم في أطر مرجعية. لكن قد لا تكون هذه الأطر المرجعية مساوية بسهولة للأطر المرجعية التي نستخدمها لفناجين القهوة والأشياء المادية الأخرى. على سبيل المثال، من الممكن أن يكون للأطر المرجعية الأكثر فائدة لمفاهيم معينة أكثر من ثلاثة أبعاد. لسنا قادرين على تصور المساحات بأكثر من ثلاثة أبعاد، ولكن من وجهة نظر رياضية، فإنها تعمل بالطريقة نفسها التي تعمل بها المساحات ذات الأبعاد الثلاثة أو أقل.

كل المعارف تُخزن في أطر مرجعية

الفرضية التي أستكشفها في هذا الفصل هي أن الدماغ يرتب كل المعرفة باستخدام أطر مرجعية، وأن التفكير هو شكل من أشكال الحركة. يحدث التفكير عندما نقوم بتنشيط المواقع المتتالية في الأطر المرجعية.

يمكن تقسيم هذه الفرضية إلى المكونات التالية

1. الأطر المرجعية موجودة في كل مكان في القشرة المخية الحديثة

تُفيد هذه الفرضية بأن كل عمود في القشرة المخية الحديثة يحتوي على خلايا تُنشئ أُطراً مرجعية. لقد اقترحت أن الخلايا التي تفعل ذلك متشابهة، ولكنها ليست متطابقة، مع الخلايا الشبكية وخلايا المكان الموجودة في الأجزاء القديمة من الدماغ.

2. كل ما نعرفه، وليس الأشياء المادية فقط

العمود الموجود في القشرة المخية الحديثة هو مجرد مجموعة من الخلايا العصبية. لا «يعرف» العمود ما تمثله مدخلاته، وليس لديه أي معرفة مسبقة بما يفترض أن يتعلمه. العمود هو مجرد آلية مبنية من الخلايا العصبية التي تحاول بشكل أعمى اكتشاف ونمذجة بنية أي شيء يتسبب في تغيير مدخلاته.

في وقت سابق، افترضتُ أن العقول طورّت أولاً أُطراً مرجعية لتعلم بنية البيئات حتى نتمكن من التحرك حول العالم. ثم تطورت أدمغتنا لاستخدام نفس الآلية لتعلم بنية الأشياء المادية حتى نتمكن من التعرف إليها والتلاعب بها. أقترح الآن أن أدمغتنا تطورت مرة أخرى لاستخدام الآلية نفسها لتعلم وتمثيل البنية الأساسية للأشياء المفاهيمية، مثل الرياضيات والديمقراطية.

3. تُخزن جميع المعارف في المواقع المتعلقة بالأُطر المرجعية

الأطر المرجعية ليست مكوناً اختيارياً للذكاء؛ بل هي الهيكل الذي تُخزن فيها كل المعلومات في الدماغ. يتم إقران كل حقيقة تعرفها بموقع في إطار مرجعي. لكي تصبح خبيراً في مجال مثل التاريخ، يتطلب تعيين الحقائق التاريخية للمواقع في إطار مرجعي مناسب.

تنظيم المعرفة بهذه الطريقة يجعل الحقائق قابلة للتنفيذ. تذكر تشبيه الخريطة. من خلال وضع الحقائق المتعلقة بالمدينة في إطار مرجعي يشبه الشبكة، يمكننا تحديد الإجراءات اللازمة لتحقيق الهدف، مثل كيفية الوصول إلى مطعم معين. تجعل الشبكة الموحدة للخريطة الحقائق المتعلقة بالمدينة قابلة للتنفيذ. هذا المبدأ ينطبق على كل المعرفة.

4. التفكير هو شكل من أشكال الحركة

إذا تم تخزين كل ما نعرفه في أُطر مرجعية، فعند استدعاء المعرفة المخزنة، يتعين علينا تنشيط المواقع المناسبة في الأُطر المرجعية المناسبة. يحدث التفكير عندما تستدعي الخلايا العصبية موقعاً بعد موقع في إطار مرجعي، مع تذكير ما تم تخزينه في كل موقع. إن تعاقب الأفكار التي نختبرها عند التفكير يشبه تعاقب الأحاسيس التي نختبرها عند لمس شيء ما بإصبع، أو تعاقب الأشياء التي نراها عندما نسير في مدينة.

الأطر المرجعية هي أيضاً وسيلة لتحقيق الأهداف. مثلما تسمح لك الخريطة الورقية بمعرفة كيفية الانتقال من مكانك إلى الموقع الجديد المطلوب، تتيح لك الأُطر المرجعية في القشرة المخية الحديثة معرفة الخطوات التي يجب عليك اتخاذها لتحقيق المزيد من الأهداف المفاهيمية، مثل حل مشكلة هندسية أو الحصول على ترقية في العمل.

على الرغم من أننا ذكرنا هذه الأفكار حول المعرفة المفاهيمية في بعض أبحاثنا المنشورة، إلا أنها لم تكن محور التركيز، ولم ننشر أوراقاً مباشرة حول هذا الموضوع. لذا، يمكنك اعتبار هذا الفصل تخمينياً أكثر من الأجزاء السابقة من الكتاب، لكنني لا أشعر بهذه الطريقة. على الرغم من وجود العديد من التفاصيل التي لم نفهمها حتى الآن، إلا أنني على ثقة من أن الإطار العام - أن المفاهيم والتفكير يعتمدان على أطر مرجعية - سوف يصمد أمام اختبار الزمن.

في بقية هذا الفصل، سوف أصف أولاً سمة مدروسة جيداً للقشرة المخية الحديثة، وتقسيمها إلى مناطق «ماذا» و«أين». أستخدم هذه المناقشة لإظهار كيف يمكن للأعمدة القشرية أداء وظائف مختلفة بشكل ملحوظ عن طريق تغيير بسيط في أُطرها المرجعية. ثم أنتقل إلى أشكال أكثر تجريدية ومفاهيمية للذكاء، وأقدم دليلاً تجريبياً يدعم الفرضيات المذكورة أعلاه وأعطي أمثلة على كيفية ارتباط النظرية بثلاثة مواضيع: الرياضيات، والسياسة، واللغة.

المساران ماذا وأين

دماغك له نظامان للرؤية. إذا اتبعت العصب البصري أثناء انتقاله من العين إلى القشرة المخية الحديثة، فسترى أنه يؤدي إلى نظامين متوازيين للرؤية، يسميان المسار المرئي ماذا والمسار المرئي أين. المسار عبارة عن مجموعة من المناطق القشرية التي تبدأ في الجزء الخلفي من الدماغ وتتحرك إلى الجانبين. حيث المسار عبارة عن مجموعة من المناطق التي تبدأ أيضاً في الجزء الخلفي من الدماغ، ولكنها تتحرك نحو الأعلى.

تم اكتشاف مساري الرؤية ماذا وأين منذ أكثر من خمسين عاماً. بعد سنوات، أدرك العلماء أن المسارات المتوازية المتشابهة موجودة أيضاً للحواس الأخرى. هناك مناطق ماذا وأين للرؤية، واللمس، والسمع.

المساران ماذا وأين لهما دوران متكاملان. على سبيل المثال، إذا عطلنا المسار المرئي حيث يمكن للشخص الذي ينظر إلى كائن ما أن يخبرك ماهية الكائن، لكن لا يمكنه الوصول إليه. إنه يعرف أنه يرى فنجاناً، على سبيل المثال، لكن الغريب أنه لا يستطيع تحديد مكان الفنجان. إذا قمنا بعد ذلك بتعطيل المسار البصري وتبديل مكان الفنجان، فيمكن للشخص أن يمد يده ويمسك به. إنه يعرف مكانه، لكنه لا يستطيع تحديد ماهيته. (على الأقل ليس بصرياً. عندما تلمس يده الشيء، يمكنه التعرف إليه عن طريق اللمس).

تتشابه الأعمدة في «منطقتي ماذا وأين». لديها أنواع خلايا وطبقات ودوائر متشابهة، ولكن لماذا تعملبشكل مختلف؟ ما هو الفرق بين عمود في منطقة وعمود في منطقة بحيث يؤديا دورين مختلفين؟ قد تميل إلى افتراض وجود بعض الاختلاف في كيفية عمل هذين النوعين من الأعمدة. ربما حيث تحتوي الأعمدة على أنواع إضافية قليلة من الخلايا العصبية أو وصلات مختلفة بين الطبقات. قد تعترف بأن شكل الأعمدة ماذا وأين يبدو متشابهاً، لكنك تجادل بأنه ربما يكون هناك بعض الاختلاف المادي الذي لم نعثر عليه بعد. إذا اتخذت هذا الموقف، فأنت بذلك ترفض اقتراح ماونتكاسل.

لكن ليس من الضروري التخلي عن فرضية ماونتكاسل. لقد اقترحنا شرحاً بسيطاً لسبب كون بعض الأعمدة هي الأعمدة ماذا والبعض الآخر عبارة عن أعمدة أين. خلايا الشبكة القشرية في الأعمدة ماذا تربط الأُطر المرجعية بالكائنات. وخلايا الشبكة القشرية في الأعمدة أين تربط الأُطر المرجعية بجسمك.

إذا كان العمود المرئي أين يمكن أن يتحدث، فقد يقول: «لقد أنشأت إطاراً مرجعياً مرتبطاً بالجسم، باستخدام هذا الإطار المرجعي، أنظر إلى يد وأعرف موقعها بالنسبة إلى الجسد، ثم أنظر إلى كائن وأعرف موقعه بالنسبة إلى الجسم. مع هذين الموقعين، كلاهما في الإطار المرجعي للجسم، يمكنني حساب كيفية تحريك اليد إلى الجسم. أعرف مكان الشيء وكيفية الوصول إليه، لكن لا يمكنني التعرف إليه. لا

أعرف ما هو هذا الشيء».

إذا كان العمود المرئي ماذا يمكن أن يتحدث، فقد يقول: «لقد أنشأت إطاراً مرجعياً مرتبطاً بكائن، باستخدام هذا الإطار المرجعي، يمكنني تحديد الكائن على أنه فنجان قهوة. أعرف ما هو الشيء، لكني لا أعرف مكانه». من خلال العمل معاً، تسمح لنا الأعمدة أين وماذا بتحديد الأشياء والوصول إليها والتعامل معها.

لماذا يقوم عمود (العمود A) بإرفاق أُطر مرجعية بكائن خارجي وآخر (العمود B) بإرفاقها بالجسم؟ يمكن أن يكون الجواب بسيطاً مثل مصدر مدخلات العمود. إذا حصل العمود A على مدخلات حسية من كائن، مثل الأحاسيس من إصبع يلمس فنجاناً، فسيقوم تلقائياً بإنشاء إطار مرجعي مرتبط بالكائن. إذا حصل العمود B على مدخلات من الجسم، مثل الخلايا العصبية التي تكتشف زوايا مفاصل الأطراف، فسيقوم تلقائياً بإنشاء إطار مرجعي مثبت بالجسم.

في بعض النواحي، جسمك هو مجرد كائن آخر في العالم. تستخدم القشرة المخية الحديثة الطريقة الأساسية نفسها لنمذجة جسمك كما تفعل لنمذجة كائنات مثل فناجين القهوة. مع ذلك، على عكس الأشياء الخارجية، فإن جسمك موجود دائماً. جزء كبير من القشرة المخية الحديثة - مناطق المكان - مخصص لنمذجة جسمك والفضاء المحيط به.

فكرة أن الدماغ يحتوي على خرائط للجسم ليست جديدة. ولا فكرة أن حركة الأطراف تتطلب أُطراً مرجعية تتمحور حول الجسم. النقطة التي أريد أن أوضحها هي أن الأعمدة القشرية، التي تبدو وتعمل بشكل مشابه، يمكن أن تظهر لتؤدي وظائف مختلفة اعتماداً على ما ترتكز عليه أطرها المرجعية. بالنظر إلى هذه الفكرة، ليس من قفزة كبيرة أن نرى كيف يمكن تطبيق الأطر المرجعية على المفاهيم.

أطر مرجعية للمفاهيم

حتى الآن في الكتاب، وصفت كيف يتعلم الدماغ نماذج لأشياء لها شكل مادي. الكباسات، والهواتف المحمولة، وجزيئات الحمض النووي، والمباني، وجسمك جميعها لها وجود مادي. هذه كلها أشياء يمكننا أن نشعر بها بشكل مباشر أو - كما في حالة جزيء الحمض النووي - يمكننا تخيل الاستشعار.

مع ذلك، إن الكثير مما نعرفه عن العالم لا يمكن استشعاره بشكل مباشر وقد لا يكون له أي مكافئ مادي. على سبيل المثال، لا يمكننا لمس مفاهيم مثل الديمقراطية أو الأعداد الأولية والوصول إليها، ومع

ذلك فنحن نعرف الكثير عن هذه الأشياء. كيف يمكن للأعمدة القشرية إنشاء نماذج لأشياء لا يمكننا الشعور بها؟

الحيلة هي أن الأطر المرجعية لا يجب أن ترتكز على شيء مادي. يجب أن يكون الإطار المرجعي لمفهوم مثل الديمقراطية متسقاً ذاتياً، ولكن يمكن أن يكون مستقلاً نسبياً عن الأشياء المادية اليومية. إنه مشابه لكيفية إنشاء خرائط للأراضي الخيالية. يجب أن تكون خريطة الأرض الخيالية متسقة ذاتياً، ولكنها لا تحتاج إلى تحديد موقعها في أي مكان على وجه الخصوص بالنسبة إلى الأرض.

الحيلة الثانية هي أن الأُطر المرجعية للمفاهيم لا يجب أن يكون لها العدد نفسه أو نوع الأبعاد مثل الأُطر المرجعية للأشياء المادية مثل فناجين القهوة. من الأفضل وصف مواقع المباني في المدينة في بعدين، وأفضل وصف لشكل فنجان القهوة هو الثلاثي الأبعاد. لكن جميع القدرات التي نحصل عليها من إطار مرجعي - مثل تحديد المسافة بين موقعين وحساب كيفية الانتقال من موقع إلى آخر - موجودة أيضاً في أُطر مرجعية ذات أربعة أبعاد أو أكثر.

إذا كنت تواجه مشكلة في فهم كيف يمكن أن يكون لشيء ما أكثر من ثلاثة أبعاد، ففكر في هذا القياس. لنفترض أنني أريد إنشاء إطار مرجعي يمكنني من خلاله تنظيم المعرفة عن جميع الأشخاص الذين أعرفهم. أحد الأبعاد التي قد أستخدمها هو العمر. يمكنني ترتيب معارفي على طول هذا البعد حسب أعمارهم، وقد يكون هناك مقياس آخر هو المكان الذي يعيشون فيه بالنسبة إليّ. هذا سيتطلب بعدين إضافيين. يمكن أن يكون البعد الآخر هو عدد المرات التي أراهم فيها، أو مدى طولها. أنا بحدود خمسة أبعاد. هذا مجرد تشبيه. لن تكون هذه هي الأبعاد الفعلية التي تستخدمها القشرة المخية الحديثة. لكن آمل أن تتمكن من رؤية كيف يمكن أن يكون الأبعاد الأكثر من ثلاثة مفيدة.

من المحتمل أن الأعمدة في القشرة المخية الحديثة لا تحتوي على فكرة مسبقة عن نوع الإطار المرجعي الذي ينبغي استخدامه. عندما يتعلم العمود نموذجاً لشيء ما، فإن جزءاً من التعلم يكتشف ما هو إطار مرجعي جيد، بما في ذلك عدد الأبعاد.

الآن، سأراجع الدليل التجريبي الذي يدعم الافتراضات الأربعة التي ذكرتها أعلاه. هذه منطقة لا يوجد فيها الكثير من الأدلة التجريبية، ولكن هناك بعضها، وهي آخذة في الازدياد.

طريقة تحديد الموقع

الحيلة المعروفة لتذكر قائمة العناصر، والمعروفة باسم طريقة تحديد الموقع أو في بعض الأحيان

قصر الذاكرة، هي تخيل وضع العناصر التي تريد تذكرها في مواقع مختلفة في منزلك. لتذكر قائمة العناصر، تخيل أنك تمشي في منزلك، مما يعيد ذاكرة كل عنصر واحداً تلو الآخر. يخبرنا نجاح خدعة الذاكرة هذه أن استدعاء الأشياء يكون أسهل عندما يتم تخصيصها لمواقع في إطار مرجعي مألوف. في هذه الحالة، يكون الإطار المرجعي هو الخريطة الذهنية لمنزلك. لاحظ أن فعل الاستذكار يتحقق بالحركة. أنت لا تحرك جسمك عملياً، لكنك تتحرك عقلياً في منزلك.

تدعم طريقة تحديد الموقع اثنين من الأماكن المذكورة أعلاه: يتم تخزين المعلومات في أطر مرجعية واسترجاع المعلومات هو شكل من أشكال الحركة. هذه الطريقة مفيدة للحفظ السريع لقائمة من العناصر، مثل مجموعة عشوائية من الأسماء. وهي تعمل لأنها تعين العناصر إلى إطار مرجعي تم تعلمه مسبقاً (منزلك) وتستخدم الحركات التي تم تعلمها مسبقاً (كيف تتنقل عادةً في منزلك). ومع ذلك، في معظم الوقت عندما تتعلم، ينشئ دماغك أُطراً مرجعية جديدة. سنرى مثالا على ذلك بعد ذلك.

دراسات على البشر باستخدام الرنين المغناطيسي الوظيفي

الرنين المغناطيسي الوظيفي هو تقنية للبحث في دماغ حي ومعرفة الأجزاء الأكثر نشاطاً. ربما تكون قد شاهدت صوراً بالرنين المغناطيسي الوظيفي: فهي تُظهر مخططاً لدماغ مع بعض الأجزاء باللونين الأصفر والأحمر، وهذا يشير إلى المكان الذي تم فيه استهلاك معظم الطاقة عند التقاط الصورة. عادةً ما يستخدم الرنين المغناطيسي الوظيفي على الإنسان لأن العملية تتطلب الاستلقاء بشكل مثالي داخل أنبوب ضيق في آلة صاخبة كبيرة أثناء القيام بمهمة عقلية محددة. في كثير من الأحيان، سينظر الشخص إلى شاشة حاسوب أثناء اتباع التعليمات الشفهية للباحث.

لقد كان اختراع الرنين المغناطيسي الوظيفي نعمة لأنواع معينة من البحث، ولكن بالنسبة إلى نوع البحث الذي نقوم به فهو عموماً ليس مفيداً للغاية. يعتمد بحثنا حول نظرية القشرة المخية الحديثة على معرفة الخلايا العصبية الفردية النشطة في أي وقت، وتتغير الخلايا العصبية النشطة عدة مرات في الثانية. هناك تقنيات تجريبية توفر هذا النوع من البيانات، لكن التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي لا يتمتع بالدقة المكانية والزمانية التي نحتاج إليها عادةً. يقيس التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي متوسط نشاط العديد من الخلايا العصبية، ولا يمكنه اكتشاف النشاط الذي يستمر أقل من ثانية تقريباً.

لذلك، فوجئنا وسعدنا بمعرفة تجربة ذكية بالرنين المغناطيسي الوظيفي أجراها كريستيان دويلر وكاسويل باري ونيل بورغيس والتي أظهرت أن الخلايا الشبكية موجودة في القشرة المخية الحديثة. التفاصيل معقدة، لكن الباحثين أدركوا أن الخلايا الشبكية قد تظهر بصمة يمكن اكتشافها باستخدام الرنين

المغناطيسي الوظيفي. كان عليهم أولاً التحقق من أن أسلوبهم يعمل، لذلك نظروا إلى القشرة المخية الأنفية الداخلية، حيث من المعروف أنه توجد خلايا شبكية. لقد جعلوا أشخاصاً يقومون بمهمة ملاحة للتنقل في عالم افتراضي على شاشة الحاسوب، وباستخدام الرنين المغناطيسي الوظيفي، تمكنوا من اكتشاف وجود نشاط الخلايا الشبكية أثناء أداء الأشخاص للمهمة، ثم حولوا تركيزهم إلى القشرة المخية الحديثة، واستخدموا تقنية الرنين المغناطيسي الوظيفي الخاصة بهم للنظر في المناطق الأمامية من القشرة المخية الحديثة بينما كان الشخص يؤدي مهمة النقل نفسها. وجدوا نفس التوقيع، مما يشير بقوة إلى أن الخلايا الشبكية توجد أيضاً على الأقل في بعض أجزاء القشرة المخية الحديثة.

استخدم فريق آخر من العلماء، ألكسندرا كونستانتينيسكو وجيل أورايلي وتيموثي بيرنس، تقنية الرنين المغناطيسي الوظيفي الجديدة لمهمة مختلفة. تم عرض صور الطيور على الأشخاص موضوع البحث. اختلفت الطيور في طول أعناقها وطول أرجلها. طُلب من الأشخاص أداء مهام تخيلية ذهنية مختلفة تتعلق بالطيور، مثل تخيل طائر جديد يجمع بين سمات طائرين سبق رؤيتهما. لم تُظهِر التجارب فقط أن الخلايا الشبكية موجودة في المناطق الأمامية من القشرة المخية الحديثة، ولكن وجد الباحثون دليلاً على أن القشرة المخية الحديثة خزنت صور الطيور في إطار مرجعي يشبه الخريطة - أحد الأبعاد يمثل طول العنق والآخر يمثل طول الساق. أظهر فريق البحث كذلك أنه عندما فكر الأشخاص في الطيور، كانوا «يتحركون» عقلياً عبر خريطة الطيور بالطريقة نفسها التي يمكنك من خلالها التنقل عقلياً عبر خريطة منزلك. مرة أخرى، تفاصيل هذه التجربة معقدة، لكن بيانات الرنين المغناطيسي الوظيفي تشير إلى أن هذا الجزء من القشرة المخية الحديثة استخدم الخلايا العصبية الشبيهة بالخلايا الشبكية للتعرف إلى الطيور. لم يكن لدى الأشخاص الذين شاركوا في هذه التجربة أي فكرة عن حدوث ذلك، لكن بيانات التصوير كانت واضحة.

تستخدم طريقة الموقع خريطة تم تعلمها مسبقاً، خريطة منزلك، لتخزين العناصر لاستدعائها لاحقاً. في مثال الطيور، أنشأت القشرة المخية الحديثة خريطة جديدة، وهي خريطة مناسبة لمهمة تذكر الطيور ذات الأعناق والأرجل المختلفة. في كلا المثالين، فإن عملية تخزين العناصر في إطار مرجعي واستدعائها عبر «الحركة» هي نفسها.

إذا تم تخزين كل المعرفة بهذه الطريقة، فإن ما نسميه عادة التفكير هو في الواقع التحرك عبر الفضاء، من خلال إطار مرجعي. يتم تحديد أفكارك الحالية، الشيء الذي يدور في رأسك في أي لحظة، من خلال الموقع الحالي في الإطار المرجعي. مع تغير الموقع، يتم استدعاء العناصر المخزنة في كل موقع واحداً تلو الآخر. إن أفكارنا تتغير باستمرار، لكنها ليست عشوائية. ما نفكر فيه بعد ذلك يعتمد على الاتجاه الذي نتحرك فيه عقلياً من خلال إطار مرجعي، بالطريقة نفسها التي يعتمد بها ما نراه بعد ذلك في

المدينة على الاتجاه الذي نتحرك فيه من موقعنا الحالي.

ربما يكون الإطار المرجعي المطلوب لتعلم فنجان القهوة واضحاً: إنه الفضاء ثلاثي الأبعاد حول الفنجان. ربما يكون الإطار المرجعي الذي تم تعلمه في تجربة التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي عن الطيور أقل وضوحاً بعض الشيء. لكن الإطار المرجعي للطيور لا يزال مرتبطاً بالسمات الجسدية للطيور، مثل الأرجل والرقبة. ولكن ما هو نوع الإطار المرجعي الذي يجب أن يستخدمه الدماغ لمفاهيم مثل الاقتصاد أو علم البيئة؟ قد يكون هناك العديد من الأطر المرجعية التي تعمل، على الرغم من أن بعضها قد يكون أفضل من البعض الآخر.

هذا هو أحد الأسباب التي تجعل تعلم المعرفة المفاهيمية أمراً صعباً. إذا أعطيتك عشرة أحداث تاريخية تتعلق بالديمقراطية، فكيف ترتبها؟ قد يعرض أحد المدرسين الأحداث مرتبة في جدول زمني. الخط الزمني هو إطار مرجعي أحادي البعد. إنه مفيد لتقييم الترتيب الزمني للأحداث وأي الأحداث قد تكون مرتبطة سببياً عن طريق القرب الزمني. مدرس آخر قد يرتب نفس الأحداث التاريخية جغرافيا على خريطة العالم. يقترح الإطار المرجعي للخريطة طرقاً مختلفة للتفكير في الأحداث نفسها، مثل الأحداث التي قد تكون مرتبطة سببياً عن طريق القرب المكاني من بعضها البعض، أو عن طريق القرب من المحيطات أو الصحاري أو الجبال. تعد كل من الجداول الزمنية والجغرافيا طرقاً صالحة لتنظيم الأحداث التاريخية، إلا أنها تؤدي إلى طرق مختلفة للتفكير في التاريخ. قد تؤدي إلى استنتاجات مختلفة وتوقعات مختلفة، وقد يتطلب أفضل هيكل لتعلم الديمقراطية خريطة جديدة تماماً، خريطة ذات أبعاد مجردة متعددة تتوافق مع الإنصاف أو الحقوق. أنا لا أقترح أن «الإنصاف» أو «الحقوق» هي أبعاد فعلية يستخدمها الدماغ. نقطتي هي أنه لكي تصبح خبيراً في مجال الدراسة يتطلب اكتشاف إطار عمل جيد لتمثيل البيانات والحقائق المرتبطة. قد لا يكون هناك إطار مرجعي صحيح، وقد يرتب شخصان الحقائق بشكل مختلف. يعد اكتشاف إطار مرجعي مفيد هو الجزء الأكثر صعوبة في التعلم، على الرغم من أننا في معظم الوقت لا ندركه بوعي. سأوضح هذه الفكرة من خلال الأمثلة الثلاثة التي ذكرتها سابقاً: الرياضيات، والسياسة، واللغة.

الرياضيات

لنفترض أنك عالم رياضيات وتريد إثبات تخمين OMG (OMG ليس تخميناً حقيقياً). التخمين هو بيان رياضي يعتقد أنه صحيح، ولكن لم يتم إثباته. لإثبات تخمين، عليك أن تبدأ بشيء معروف بصحته. ثم تقوم بتطبيق سلسلة من العمليات الحسابية. إذا وصلت، من خلال هذه العملية، إلى بيان يمثل التخمين، فقد نجحت في إثبات ذلك. عادة، ستكون هناك سلسلة من النتائج الوسيطة. على سبيل المثال، بدءاً

من «أ»، أثبت «ب» من «ب»، وأثبت «ج» وأخيراً، من «ج»، أثبت OMG. لنفترض أن A و B و C و OMG النهائية هما معادلتان. للانتقال من معادلة إلى أخرى، عليك إجراء عملية حسابية واحدة أو أكثر.

لنفترض الآن أن المعادلات المختلفة ممثلة في القشرة المخية الحديثة في إطار مرجعي. العمليات الحسابية، مثل الضرب أو القسمة، هي حركات تأخذك إلى مواقع مختلفة في هذا الإطار المرجعي. يؤدي إجراء سلسلة من العمليات إلى نقلك إلى موقع جديد، إلى معادلة جديدة. إذا كان بإمكانك تحديد مجموعة من العمليات - الحركات من خلال مساحة المعادلة - التي تنقلك من A إلى OMG، فقد نجحت في إثبات OMG.

يتطلب حل المشكلات المعقدة، مثل التخمين الرياضي، كثيراً من التدريب. عند تعلم مجال جديد، لا يخزن دماغك فقط الحقائق. بالنسبة إلى الرياضيات، يجب أن يكتشف الدماغ أُطراً مرجعية مفيدة لتخزين المعادلات والأرقام، ويجب أن يتعلم كيف تنتقل السلوكيات الرياضية، مثل العمليات والتحويلات، إلى مواقع جديدة ضمن الأطر المرجعية.

بالنسبة إلى عالم الرياضيات، المعادلات هي أشياء مألوفة، على غرار الطريقة التي نرى بها أنا وأنت الهاتف الذكي أو الدراجة. عندما يرى علماء الرياضيات معادلة جديدة، فهم يتعرفون إليها على أنها تشبه المعادلات السابقة التي عملوا معها، وهذا يشير على الفور إلى كيفية معالجة المعادلة الجديدة لتحقيق نتائج معينة. إنها العملية نفسها التي نمر بها إذا رأينا هاتفاً ذكياً جديداً. ندرك أن الهاتف مشابه للهواتف الأخرى التي استخدمناها، وهذا يشير إلى كيفية التعامل مع الهاتف الجديد لتحقيق النتيجة المرجوة.

مع ذلك، إذا لم تكن مدرباً على الرياضيات، فستظهر المعادلات وغيرها من الرموز الرياضية على أنها خربشات لا معنى لها. قد تتعرف حتى على معادلة كما رأيتها من قبل، ولكن من دون إطار مرجعي، لن يكون لديك أي فكرة عن كيفية معالجتها لحل مشكلة. يمكن أن تضيع في مساحة الرياضيات، بالطريقة نفسها التي يمكن أن تضيع في الغابة من دون خريطة.

يحتاج علماء الرياضيات الذين يتلاعبون بالمعادلات، والمستكشفون الذين يسافرون عبر الغابة، والأصابع التي تلامس فناجين القهوة، إلى أُطر مرجعية تشبه الخريطة لمعرفة مكانها والحركات التي يحتاجون إليها للوصول إلى المكان الذي يريدون أن يكونوا فيه. تقوم الخوارزمية الأساسية نفسها على هذه الأنشطة والعديد من الأنشطة الأخرى التي نقوم بها.

السياسة

المثال الرياضي أعلاه مجرد محض تجريد، لكن العملية هي نفسها بالنسبة إلى أي مشكلة ليست

فيزيائية بشكل واضح.

على سبيل المثال، لنفترض أن سياسياً يريد سن قانون جديد. لديه مسودة أولى للقانون مكتوبة، ولكن هناك عدة خطوات مطلوبة للوصول إلى الهدف النهائي للتشريع. هناك عقبات سياسية على طول الطريق، لذلك يفكر السياسي في جميع الإجراءات المختلفة التي قد يتخذوها. يعرف السياسي الخبير ما الذي سيحدث على الأرجح إذا عقد مؤتمراً صحفياً أو ضغط لإجراء استفتاء أو كتب ورقة سياسة أو عرض تبادل الدعم لقانون آخر. لقد تعلم سياسي ماهر الإطار المرجعي للسياسة. جزء من الإطار المرجعي هو كيف تغير الإجراءات السياسية المواقع في الإطار المرجعي، ويتخيل السياسي ما سيحدث إذا فعل هذه الأشياء. هدفه هو إيجاد سلسلة من الإجراءات التي ستقوده إلى النتيجة المرجوة: سن القانون الجديد.

لا يدرك السياسي وعالم الرياضيات أنهما يستخدمان أطراً مرجعية لتنظيم معارفهما، تماماً كما لا ندرك أنا وأنت أننا نستخدم أُطراً مرجعية لفهم الهواتف الذكية والكباسات. نحن لا نتجول ونطرح السؤال التالي: «هل يمكن لشخص أن يقترح إطاراً مرجعياً لتنظيم هذه الحقائق؟» ما نقوله هو: «أنا بحاجة إلى المساعد. أنا لا أعرف كيف أحل هذه المشكلة». أو «أنا محتار. هل يمكنك أن تريني كيفية استخدام هذا الشيء؟» أو «لقد تهت هل يمكنك أن تريني كيفية الوصول إلى الكافتيريا؟». هذه هي الأسئلة التي نطرحها عندما لا نكون قادرين على تخصيص إطار مرجعي للحقائق الموجودة أمامنا.

اللغة

يمكن القول إن اللغة هي أهم قدرة معرفية تميز البشر عن جميع الحيوانات الأخرى، من دون القدرة على مشاركة المعرفة والخبرات عبر اللغة، لن يكون معظم المجتمع الحديث ممكناً.

على الرغم من كتابة العديد من المجلدات عن اللغة، إلا أنني لست على علم بأي محاولات لشرح كيفية إنشاء اللغة بواسطة الدوائر العصبية التي لوحظت في الدماغ. لا يغامر اللغويون عادة بعلم الأعصاب، على الرغم من أن بعض علماء الأعصاب يدرسون مناطق الدماغ المتعلقة باللغة، إلا أنهم لم يتمكنوا من تقديم نظريات مفصلة عن كيفية إنشاء الدماغ للغة وفهمها.

هناك جدل مستمر حول ما إذا كانت اللغة تختلف اختلافاً جوهرياً عن القدرات المعرفية الأخرى. يميل اللغويون إلى الاعتقاد بذلك، ويصفون اللغة بأنها قدرة فريدة، على عكس أي شيء آخر نقوم به. إذا كان هذا صحيحاً، فإن أجزاء الدماغ التي تخلق اللغة وتفهمها يجب أن تبدو مختلفة. هنا، علم الأعصاب يبدو ملتبساً.

هناك منطقتان متوسطتا الحجم في القشرة المخية الحديثة يقال إنهما مسؤولتان عن اللغة. يُعتقد أن منطقة ويرنيك هي المسؤولة عن فهم اللغة، ويُعتقد أن منطقة بروكا هي المسؤولة عن إنتاج اللغة. هذا نوع من التبسيط. أولاً، هناك خلاف حول الموقع الدقيق لهذه المناطق ومداها. ثانياً، لا يتم تمييز وظائف منطقتي ويرنيك وبروكا بدقة في الفهم والإنتاج؛ إنهما متداخلتان بعض الشيء. أخيراً، يجب أن يكون هذا واضحاً، لا يمكن عزل اللغة في منطقتين صغيرتين من القشرة المخية الحديثة. نحن نستخدم اللغة المنطوقة واللغة المكتوبة ولغة الإشارة. لا تحصل مناطق ويرنيك وبروكا على مدخلات مباشرة من المستشعرات، لذلك يجب أن يعتمد فهم اللغة على المناطق السمعية والبصرية، ويجب أن يعتمد إنتاج اللغة على القدرات الحركية المختلفة. هناك حاجة إلى مساحات كبيرة من القشرة المخية الحديثة لإنشاء وفهم اللغة. تؤدي مناطق ويرنيك وبروكا دوراً رئيسياً، ولكن من الخطأ التفكير فيها على أنها تخلق لغة في عزلة.

الشيء المثير للدهشة حول اللغة، والذي يشير إلى أن اللغة قد تكون مختلفة عن الوظائف المعرفية الأخرى، هو أن منطقتي بروكا ويرنيك تقعان فقط على الجانب الأيسر من الدماغ. المناطق المعادلة على الجانب الأيمن متورطة بشكل هامشي في اللغة. يحدث كل شيء آخر تقريباً في القشرة المخية الحديثة على جانبي الدماغ. يشير عدم التناسق الفريد للغة إلى أن هناك شيئاً مختلفاً حول منطقتي بروكا ويرنيك.

لماذا تحدث اللغة فقط في الجانب الأيسر من الدماغ قد يكون لهذا تفسير بسيط. أحد الاقتراحات هو أن اللغة تتطلب سرعة المعالجة، والخلايا العصبية في معظم القشرة المخية الحديثة بطيئة جداً في معالجة اللغة. من المعروف أن الخلايا العصبية في منطقتي ويرنيك وبروكا لديها عزل إضافي (يسمى المايلين) الذي يسمح لها بالعمل بشكل أسرع ومواكبة متطلبات اللغة. هناك اختلافات ملحوظة أخرى مع بقية القشرة المخية الحديثة. على سبيل المثال، تم الإبلاغ عن أن عدد نقاط الاشتباك العصبي وكثافتها أكبر في مناطق اللغة مقارنة بمثيلاتها على الجانب الأيمن من الدماغ. لكن وجود المزيد من نقاط الاشتباك العصبي لا يعني أن مناطق اللغة تؤدي وظيفة مختلفة؛ يمكن أن يعني فقط أن هذه المناطق قد تعلمت المزيد من الأشياء.

على الرغم من وجود بعض الاختلافات، فإن تشريح منطقتي ويرنيك وبروكا يشبه مرة أخرى مناطق أخرى من القشرة المخية الحديثة. تشير الحقائق التي لدينا اليوم إلى أنه في حين أن مناطق اللغة هذه مختلفة نوعاً ما، ربما بطرق خفية، فإن الهيكل العام للطبقات والتواصل وأنواع الخلايا يشبه بقية القشرة المخية الحديثة. لذلك، من المحتمل أن تتم مشاركة غالبية الآليات الكامنة وراء اللغة مع أجزاء أخرى من الإدراك والوعي. يجب أن يكون هذا هو افتراض عملنا حتى يثبت العكس، وهكذا يمكننا أن نسأل، كيف يمكن لإمكانيات النمذجة للعمود القشري، بما في ذلك الأطر المرجعية، أن توفر ركيزة للغة؟

وفقاً لعلماء اللغة، فإن إحدى السمات المميزة للغة هي بنيتها المتداخلة. على سبيل المثال، تتكون

الجمل من عبارات، وتتكون العبارات من كلمات، وتتألف الكلمات من أحرف. العودية، القدرة على تطبيق قاعدة بشكل متكرر، هي سمة أخرى محددة. يسمح التكرار ببناء الجمل بتعقيد غير محدود تقريباً. على سبيل المثال، يمكن توسيع الجملة البسيطة «طلب توم مزيداً من الشاي» لتشمل «طلب توم، الذي يعمل في متجر السيارات، مزيداً من الشاي»، والتي يمكن أن تمتد إلى «توم، الذي يعمل في متجر السيارات، طلب من متجر التوفير مزيداً من الشاي». إن التعريف الدقيق للتكرار من حيث صلته باللغة موضع نقاش، ولكن ليس من الصعب فهم الفكرة العامة. يمكن أن تتكون الجمل من جمل أصغر، والتي يمكن أن تتكون من عبارات أخرى، وما إلى ذلك. لطالما قيل إن البنية المتداخلة والتكرار هما سمات أساسية للغة.

مع ذلك، فإن البنية المتداخلة والعودية ليست فريدة بالنسبة إلى اللغة. في الواقع، كل شيء في العالم يتكون بهذه الطريقة. خذ فنجان قهوتي مع شعار نومينتا المطبوع على جانبه. يحتوي الفنجان على هيكل متداخل: يتكون من أسطوانة، ومقبض، وشعار. يتكون الشعار من رسم وكلمة. يتكون الرسم من دوائر وخطوط، بينما تتكون كلمة «نومينتا» من مقاطع لفظية، والمقاطع نفسها مكونة من أحرف. يمكن أن تحتوي الكائنات أيضاً على بنية متكررة. على سبيل المثال، تخيل أن شعار نومينتا تضمن صورة فنجان قهوة، طُبعت عليها صورة لشعار نومينتا، وعليها صورة فنجان قهوة، إلخ.

في وقت مبكر من بحثنا، أدركنا أن كل عمود قشري يجب أن يكون قادراً على تعلم بنية متداخلة ومتكررة. كان هذا قيداً ضرورياً لتعلم بنية الأشياء المادية مثل فناجين القهوة وتعلم بنية الأشياء المفاهيمية مثل الرياضيات واللغة، كان على أي نظريات نتوصل إليها شرح كيفية قيام الأعمدة بذلك.

تخيل أنك في وقت ما في الماضي تعلمت كيف يبدو فنجان القهوة، وفي وقت ما في الماضي تعلمت كيف يبدو شعار نومينتا. لكنك لم ترَ الشعار على فنجان القهوة من قبل. الآن أريك فنجان قهوة جديداً مع الشعار على الجانب. يمكنك أن تتعرف إلى الشيء المدمج الجديد بسرعة، عادةً بنظرة واحدة أو اثنتين. لاحظ أنك لست بحاجة إلى إعادة تعلم الشعار أو الفنجان. يتم تضمين كل ما نعرفه عن الفناجين والشعار على الفور كجزء من الكائن الجديد.

كيف يحدث هذا؟ داخل العمود القشري، يتم تحديد فنجان القهوة الذي تم تعلمه مسبقاً من خلال إطار مرجعي. يتم تعريف الشعار الذي تم تعلمه مسبقاً أيضاً من خلال إطار مرجعي. لمعرفة فنجان القهوة بالشعار، يُنشئ العمود إطاراً مرجعياً جديداً يخزن فيه شيئين: رابط للإطار المرجعي للفنجان الذي تم تعلمه سابقاً ورابط للإطار المرجعي للشعار الذي تم تعلمه مسبقاً. يمكن للدماغ القيام بذلك بسرعة، مع عدد قليل من نقاط الاشتباك العصبي الإضافية. هذا يشبه إلى حد ما استخدام الارتباطات التشعبية في مستند نصي. تخيل أنني كتبت مقالاً قصيراً عن أبراهام لنكولن، وأشرت إلى أنه ألقى خطاباً شهيراً يسمى خطاب غيتيسبيرغ. من خلال تحويل الكلمات «Gettysburg Address» إلى رابط للخطاب الكامل، يمكنني

تضمين جميع تفاصيل الخطاب كجزء من مقالي دون الحاجة إلى إعادة كتابته.

سبق لي أن قلت إن الأعمدة القشرية تخزن الميزات في مواقع في أُطر مرجعية. كلمة «ميزة» غامضة بعض الشيء. سأكون الآن أكثر دقة. تنشئ الأعمدة القشرية أُطراً مرجعية لكل كائن تعرفه. بعد ذلك يتم ملء الأُطر المرجعية بروابط لأُطر مرجعية أخرى. يصمم الدماغ العالم باستخدام أطر مرجعية مملوءة بأطر مرجعية؛ إنها أُطر مرجعية على طول الطريق. في بحثنا «الأطر» لعام 2019، اقترحنا كيف يمكن للخلايا العصبية القيام بذلك.

لدينا طريق طويل لنعبره حتى نفهم كل شيء تقوم به القشرة المخية الحديثة بشكل كامل. لكن فكرة أن كل عمود يصمم كائنات باستخدام الأطر المرجعية هي، على حد علمنا، متسقة مع احتياجات اللغة. ربما سنجد في المستقبل حاجة إلى بعض دوائر اللغة الخاصة. لكن في الوقت الحالي، ليس هذا هو الحال.

خبرة

حتى الآن قدمت أربعة استخدامات للأطر المرجعية، واحد في الدماغ القديم وثلاثة في القشرة المخية الحديثة. تتعلم الأطر المرجعية في الدماغ القديم خرائط البيئات، وتتعلم الأطر المرجعية في أي أعمدة من القشرة المخية الحديثة خرائط الأشياء المادية. وتتعلم الأطر المرجعية في الأعمدة أين في القشرة المخية الحديثة خرائط الفضاء حول أجسامنا. وأخيراً، تتعلم الأطر المرجعية في الأعمدة لماذا غير الحسية للقشرة المخية الحديثة خرائط المفاهيم.

لكي تكون خبيراً في أي مجال يتطلب وجود إطار مرجعي جيد وخريطة جيدة. من المحتمل أن ينتهي الأمر بشخصين يراقبان الشيء المادي نفسه بخرائط مماثلة. على سبيل المثال، من الصعب تخيل كيف أن دماغ شخصين يراقبان الكرسي نفسه سيرتبان ملامحه بشكل مختلف، ولكن عند التفكير في المفاهيم، قد ينتهي الأمر بشخصين يبدآن بالحقائق نفسها بأطر مرجعية مختلفة. أذكر مثال قائمة الحقائق التاريخية. قد يقوم أحد الأشخاص بترتيب الحقائق على جدول زمني، وقد يقوم شخص آخر بترتيبها على الخريطة. يمكن أن تؤدي الحقائق نفسها إلى نماذج مختلفة ووجهات نظر مختلفة للعالم.

أن تكون خبيراً فالأمر يتعلق على الأرجح بإيجاد إطار مرجعي جيد لترتيب الحقائق والملاحظات. بدأ ألبرت أينشتاين بالحقائق نفسها مثل معاصريه. مع ذلك، فقد وجد طريقة أفضل لترتيبها، وإطاراً مرجعياً أفضل، سمح له برؤية المقارنات وإجراء توقعات كانت مفاجئة. الأمر الأكثر إثارة في اكتشافات أينشتاين المتعلقة بالنسبية هو أن الأطر المرجعية التي استخدمها في صنعها كانت أشياء يومية. فكّر في القطارات، والناس، والمصابيح. بدأ بالملاحظات التجريبية للعلماء، مثل السرعة المطلقة للضوء، واستخدم

الأطر المرجعية اليومية لاستنتاج معادلات النسبية الخاصة. لهذا السبب، يمكن لأي شخص تقريباً اتباع منطقه وفهم كيفية قيامه باكتشافاته. في المقابل، تطلبت نظرية النسبية العامة لأينشتاين أطراً مرجعية تستند إلى مفاهيم رياضية تسمى معادلات المجال، والتي لا ترتبط بسهولة بالأشياء اليومية. وجد أينشتاين صعوبة في فهم هذا الأمر، كما يفعل أي شخص آخر.

في العام 1978، عندما اقترح فيرنون ماونتكاسل وجود خوارزمية مشتركة تقوم على كل الإدراك والفهم، كان من الصعب تخيل أي خوارزمية يمكن أن تكون قوية وعمومية بما يكفي لتناسب المتطلبات. كان من الصعب تخيل عملية واحدة يمكن أن تفسر كل شيء نفكر فيه على أنه ذكاء، من الإدراك الحسي الأساسي إلى أعلى أشكال القدرة الفكرية وأكثرها إثارة للإعجاب. الآن يبدو جلياً لي أن الخوارزمية القشرية الشائعة تعتمد على الأُطر المرجعية. توفر الأطر المرجعية الركيزة الأساسية لتعلم بنية العالم، وأين توجد الأشياء، وكيف تتحرك وتتغير. يمكن للأطر المرجعية القيام بذلك ليس فقط للأشياء المادية التي يمكننا الشعور بها بشكل مباشر، ولكن أيضاً للأشياء التي لا يمكننا رؤيتها أو الشعور بها وحتى بالنسبة إلى المفاهيم التي ليس لها شكل مادي.

يحتوي دماغك على مئة وخمسين ألف عمود قشري. كل عمود عبارة عن آلة تعلم. يتعلم كل عمود نموذجاً توقعياً لمدخلاته من خلال ملاحظة كيفية تغيرها بمرور الوقت. الأعمدة لا تعرف ما الذي تتعلمه؛ لا تعرف ما تمثله نماذجها. المؤسسة بأكملها والنماذج الناتجة مبنية على أطر مرجعية. إن المرجع الصحيح لفهم كيفية عمل الدماغ هو الأطر المرجعية.

الفصل السابع
نظرية الألف دماغ للذكاء

منذ نشأتها، كان هدف نومينتا هو تطوير نظريةٍ لكيفية عمل القشرة المخية الحديثة. كان علماء الأعصاب ينشرون آلاف الأوراق سنوياً تغطي كل تفاصيل الدماغ، لكن كان هناك نقص في النظريات النظامية التي ربطت التفاصيل معاً، لذا، قررنا التركيز أولاً على فهم عمود قشري واحد؛ كنا نعلم أن الأعمدة القشرية معقدة فيزيائياً، وبالتالي يجب أن تفعل شيئاً معقداً، ولم يكن من المنطقي التساؤل عن سبب ارتباط الأعمدة ببعضها البعض بالطريقة الهرمية الفوضوية التي عرضتها في الفصل الثاني إذا لم نكن نعرف ما فعله عمود واحد، لذا، سيكون هذا مثل السؤال عن كيفية عمل المجتمعات قبل معرفة أي شيء عن الناس.

الآن نحن نعرف الكثير عما تفعله الأعمدة القشرية؛ فنحن نعلم أن كل عمود هو نظام حسي حركي، ونحن نعلم أيضاً أن كل عمود يمكنه التعرف إلى نماذج لمئات الكائنات، وأن النماذج تستند إلى أُطر مرجعية. بمجرد أن فهمنا أن الأعمدة تفعل هذه الأمور كلها، أصبح من الواضح أن القشرة المخية الحديثة، ككل، تعمل بشكل مختلف عما كان يُعتقد سابقاً. نسمي هذا المنظور الجديد نظرية الألف دماغ للذكاء. قبل أن أشرح ماهية نظرية الألف دماغ، سيكون من المفيد معرفة ما تحل محلها.

المنظر الحالي للقشرة المخية الحديثة

اليوم، الطريقة الأكثر شيوعاً للتفكير في القشرة المخية الحديثة هي مثل مخطط التدفق، وتتم معالجة المعلومات من الحواس خطوة بخطوة، لأنها تنتقل من منطقة في القشرة المخية الحديثة إلى المنطقة التالية. يشير العلماء إلى هذا على أنه تسلسل هرمي لأجهزة الكشف عن الميزات. غالباً ما يتم وصفه من حيث الرؤية، ويسير على هذا النحو: كل خلية في شبكية العين تكتشف وجود الضوء في جزء صغير من الصورة، ثم تُسقط الخلايا في شبكية العين على القشرة المخية الحديثة. المنطقة الأولى في القشرة المخية حديثة التي تستقبل هذا الإدخال تسمى المنطقة V1. تحصل كل خلية عصبية في المنطقة V1 على مدخلات

من جزء صغير فقط من شبكية العين؛ يبدو الأمر كما لو كانت تنظر إلى العالم من خلال قشة.

تشير هذه الحقائق إلى أن الأعمدة في المنطقة V1 لا يمكنها التعرف إلى الكائنات الكاملة، لذلك يقتصر دور V1 على اكتشاف الميزات المرئية الصغيرة مثل الخطوط أو الحواف في جزء محلي من الصورة، ثم تقوم الخلايا العصبية V1 بتمرير هذه الميزات إلى مناطق أخرى من القشرة المخية الحديثة. تدمج المنطقة المرئية التالية، المسماة V2، الميزات البسيطة من المنطقة V1 إلى ميزات أكثر تعقيداً، مثل الزوايا أو الأقواس. تتكرر هذه العملية عدة مرات في منطقتين أخريين حتى تستجيب الخلايا العصبية لكائنات كاملة. يُفترض أن عملية مماثلة - الانتقال من الميزات البسيطة إلى الميزات المعقدة إلى العناصر الكاملة - تحدث أيضاً مع اللمس والسمع. كانت هذه النظرة للقشرة المخية الحديثة كتسلسل هرمي لكاشفات الميزات هي النظرية السائدة طيلة خمسين عاماً.

لكن أكبر مشاكل هذه النظرية أنها تتعامل مع الرؤية كعملية ثابتة، مثل التقاط صورة؛ لكن الرؤية ليست كذلك، إذ تقوم أعيننا بعمل حركات خاطفة ثلاث مرات تقريباً في الثانية، فتتغير المدخلات من العين إلى الدماغ تماماً مع كل رمشة، وتتغير المدخلات المرئية أيضاً عندما نسير إلى الأمام أو ندير رؤوسنا يساراً ويميناً. يتجاهل التسلسل الهرمي لنظرية الميزات هذه التغييرات، فهو يتعامل مع الرؤية كما لو كان الهدف هو التقاط صورة واحدة في كل مرة وتسميتها. لكن حتى الملاحظة العرضية ستوضّح لك أن الرؤية عملية تفاعلية تعتمد على الحركة. على سبيل المثال، لمعرفة الشكل الذي يبدو عليه شيء جديد، فإننا نحتفظ به في أيدينا، ونديره بهذه الطريقة وتلك، لنرى كيف يبدو من زوايا مختلفة. فقط عن طريق الحركة يمكننا أن نتعلم نموذجاً للشيء.

أحد أسباب تجاهل العديد من الأشخاص للجانب الديناميكي للرؤية هو أنه يمكننا أحياناً التعرف إلى صورة دون تحريك أعيننا، مثل صورة تومض لفترة وجيزة على الشاشة، ولكن هذا استثناء، وليس قاعدة، فالرؤية الطبيعية هي عملية حركية حسية نشطة، وليست عملية ثابتة.

يصبح الدور الأساسي للحركة أكثر وضوحاً مع اللمس والسمع، فإذا وضع شخص ما شيئاً على يدك المفتوحة، فلا يمكنك التعرف إليه إلا إذا حركت أصابعك، وبالمثل، فإن السمع دائماً ما يكون ديناميكياً. لا يقتصر الأمر على الأشياء السمعية، مثل الكلمات المنطوقة، التي تحددها الأصوات، فهي تتغير بمرور الوقت، ولكن عندما نستمع نحرك رؤوسنا بنشاط لتعديل ما نسمعه. ليس من الواضح كيف ينطبق التسلسل الهرمي لنظرية الميزات على اللمس أو السمع. من خلال الرؤية، يمكنك على الأقل أن تتخيل أن الدماغ يعالج صورة تشبه الصورة، ولكن مع اللمس والسمع لا يوجد شيء مكافئ.

هناك العديد من الملاحظات الإضافية التي تشير إلى أن التسلسل الهرمي لنظرية الميزات يحتاج

إلى تعديل، وفي ما يلي العديد من الأشياء المتعلقة بالرؤية:

• تعتبر المنطقتان المرئيتان الأولى والثانية، V1 وV2، من أكبر المناطق في القشرة المخية الحديثة للإنسان؛ إنها مساحة أكبر بشكل كبير من المناطق المرئية الأخرى، حيث يفترض أن يتم التعرف إلى الأشياء الكاملة. لماذا يتطلب اكتشاف السمات الصغيرة، محدودة العدد، جزءاً من الدماغ أكبر من التعرف إلى الأشياء الكاملة، التي يوجد منها الكثير؟ لدى بعض الثدييات، مثل الفئران، يكون هذا الخلل أسوأ، فتحتل المنطقة V1 لدى الفأر جزءاً كبيراً من القشرة المخية الحديثة، وتعتبر المناطق المرئية الأخرى لدى الفأر صغيرة بالمقارنة؛ يبدو الأمر كما لو أن معظم رؤية الفئران تحدث في المنطقة V1.

• تم اكتشاف الخلايا العصبية التي تكتشف السمات في V1 عندما عرض الباحثون صوراً أمام أعين الحيوانات المخدرة وسجلوا في الوقت نفسه نشاط الخلايا العصبية في V1. لقد وجدوا أن خلايا عصبية تنشط في سمات بسيطة، مثل الحافة، في جزء صغير من الصورة. نظراً لأن الخلايا العصبية تستجيب فقط لميزات بسيطة في منطقة صغيرة، فقد افترضوا أنه يجب التعرف إلى الكائنات الكاملة في مكان آخر، وقد أدى ذلك إلى نموذج الميزات الهرمية. لكن في هذه التجارب، لم تستجب معظم الخلايا العصبية في V1 وفقاً لطريقة واضحة فقد ترتفع بين الحين والآخر، أو قد ترتفع بشكل مستمر لفترة من الوقت ثم تتوقف. لا يمكن تفسير غالبية الخلايا العصبية بالتسلسل الهرمي لنظرية الميزات، لذلك تم تجاهلها.

عندما تنتقل العينان من نقطة تثبيت إلى أخرى، تقوم بعض الخلايا العصبية في المنطقتين V1 وV2 بعمل شيء رائع، إذ يبدو أنها تعرف ما سوف تراه قبل أن تتوقف العينان عن الحركة. تصبح هذه الخلايا العصبية نشطة، كما لو كانت تستطيع رؤية المدخلات الجديدة، مع أن المدخلات لم تصل بعد، ما جعل العلماء يُفاجَؤون عندما اكتشفوا هذا الأمر، وهذا يعني ضمناً أن الخلايا العصبية في المنطقتين V1 وV2 لديها إمكانية الوصول إلى المعرفة حول الكائن بأكمله الذي يتم رؤيته وليس مجرد جزء صغير منه.

• هناك عدد أكبر من المستقبلات الضوئية في مركز الشبكية مقارنة بالمحيط، فإذا فكرنا في العين ككاميرا، فهي ذات عدسة شديدة الشبه بعين السمكة، وهناك أيضاً أجزاء من شبكية العين لا تحتوي على مستقبلات ضوئية، على سبيل المثال، النقطة العمياء حيث يخرج العصب البصري من العين وحيث تعبر الأوعية الدموية الشبكية، وبالتالي، فإن المدخلات إلى القشرة المخية الحديثة ليست مثل الصورة؛ إنه زغب مشوه للغاية وغير مكتمل من تصحيحات الصور، ومع ذلك، فإننا لا ندرك التشوهات والأجزاء المفقودة، فتصورنا للعالم موحد وكامل. إن التسلسل الهرمي لنظرية الميزات لا يمكنه تفسير كيفية حدوث ذلك، وتسمى هذه المشكلة مشكلة الربط أو مشكلة اندماج المستشعر. بشكل عام، تتساءل مشكلة الربط عن كيفية دمج المدخلات من الحواس المختلفة، المنتشرة في جميع أنحاء القشرة المخية الحديثة مع جميع أنواع

التشوهات، في الإدراك الفردي غير المشوه الذي نختبره جميعاً.

- كما أشرت في الفصل الأول، فعلى الرغم من أن بعض الروابط بين مناطق القشرة المخية الحديثة تبدو هرمية، مثل مخطط انسيابي خطوة بخطوة، فإن الغالبية لا تفعل ذلك. على سبيل المثال، هناك اتصالات بين المناطق المرئية منخفضة المستوى ومناطق اللمس منخفضة المستوى، وهذه الروابط لا معنى لها في التسلسل الهرمي لنظرية الميزات.

- على الرغم من أن التسلسل الهرمي لنظرية الميزات، قد يفسر كيف تتعرف القشرة المخية الحديثة إلى صورة، إلا أنها لا تقدم نظرة ثاقبة حول كيفية تعلمنا للبنية ثلاثية الأبعاد للكائنات، وكيف تتكون الأشياء من كائنات أخرى، وكيف تتغير الأشياء وتتصرف بمرور الوقت؛ فهي لا تشرح كيف يمكننا تخيل الشكل الذي سيبدو عليه الشيء إذا تم تدويره أو تشويهه.

مع كل هذه التناقضات وأوجه القصور، قد تتساءل لماذا لا تزال نظرية التسلسل الهرمي للميزات منتشرة على نطاق واسع؛ هناك عدة أسباب: أولاً: إنها تناسب الكثير من البيانات، خاصة البيانات التي جُمعت منذ وقت طويل. ثانياً: تراكمت مشاكل النظرية ببطء بمرور الوقت، مما يجعل من السهل رفض كل مشكلة جديدة باعتبارها مشكلة صغيرة. ثالثاً: إنها أفضل نظرية لدينا، ومن دون وجود شيء يحل محلها، فإننا نتمسك بها. أخيراً، كما سأناقش بعد قليل، هذا ليس خاطئاً تماماً؛ إنه يحتاج فقط إلى ترقية رئيسية.

نظرة جديدة إلى القشرة المخية الحديثة

يقدم اقتراحنا الخاص بالأُطر المرجعية الخاصة بالأعمدة القشرية طريقةً مختلفةً للتفكير في كيفية عمل القشرة المخية الحديثة؛ فهو يفيد أن جميع الأعمدة القشرية، حتى في المناطق الحسية منخفضة المستوى، قادرة على التعلم والتعرف إلى الأشياء الكاملة، إذ يمكن للعمود الذي لا يستشعر سوى جزء صغير من شيء ما أن يتعلم نموذجاً للشيء بأكمله من خلال دمج مدخلاته بمرور الوقت، بالطريقة نفسها التي نتعلم بها أنا وأنت عن مدينة جديدة من خلال زيارة موقع تلو الآخر. لذلك، فإن التسلسل الهرمي للمناطق القشرية ليس ضرورياً بشكل صارم لتعلم نماذج من الأشياء. تشرح نظريتنا كيف يمكن للفأر، مع نظام مرئي من مستوى واحد في الغالب، رؤية الأشياء والتعرف إليها في العالم.

تحتوي القشرة المخية الحديثة على العديد من النماذج لأي شيء معين كالنماذج في عمودين مختلفين فهما ليسا متطابقين، لكنهما متكاملان. على سبيل المثال، يمكن لعمود يحصل على مدخلات لمسية من طرف إصبع أن يتعلم نموذجاً للهاتف الخلوي يتضمن شكله، وأنسجة أسطحه، وكيفية تحرك أزراره

عند الضغط عليها، كما يمكن لعمود يحصل على مدخلات بصرية من شبكية العين أن يتعلم نموذجاً للهاتف يتضمن أيضاً شكله، ولكن على عكس عمود الإصبع، يمكن أن يتضمن طرازه، ولون أجزاء مختلفة من الهاتف، وكيف تتغير الرموز المرئية على الشاشة أثناء استخدامه؛ لا يمكن للعمود المرئي معرفة ماسك مفتاح الطاقة ولا يمكن للعمود اللمسي معرفة كيفية تغيير الرموز على الشاشة.

لا يمكن لأي عمود قشري فردي أن يتعلم نموذجاً لكل شيء في العالم؛ سيكون ذلك مستحيلا؛ أولاً، هناك حدّ مادي لعدد الكائنات التي يمكن أن يتعلمها عمود فردي، وحتى الآن لا نعرف ما هي هذه السعة، لكن عمليات المحاكاة التي أجريناها تشير إلى أن عموداً واحداً يمكنه تعلم مئات الأشياء المعقدة - وهذا أقل بكثير من عدد الأشياء التي تعرفها - أيضاً، ما يتعلمه العمود محدود بمدخلاته، فعلى سبيل المثال، لا يمكن للعمود اللمسي تعلم نماذج السحب والعمود المرئي لا يمكنه تعلم الألحان.

حتى ضمن طريقة حسية واحدة، مثل الرؤية، تحصل الأعمدة على أنواع مختلفة من المدخلات، وستتعلم أنواعاً مختلفة من النماذج. على سبيل المثال، هناك بعض أعمدة الرؤية التي تحصل على إدخال اللون وأخرى تحصل على مدخلات باللونين الأبيض والأسود. في مثال آخر، تحصل الأعمدة في منطقتين V1 وV2 على مدخلات من شبكية العين. يحصل عمود في المنطقة V1 على مدخلات من منطقة صغيرة جداً من شبكية العين، كما لو كانت تنظر إلى العالم من خلال قشة ضيقة. يحصل عمود في V2 على مدخلات من منطقة أكبر من شبكية العين، كما لو كانت تنظر إلى العالم من خلال قشة أوسع، لكن الصورة أكثر ضبابية. تخيل الآن أنك تنظر إلى نصٍّ بأصغر خط يمكنك قراءته؛ تقترح نظريتنا أن الأعمدة الموجودة في المنطقة V1 وحدها تستطيع التعرف إلى الحروف والكلمات بأصغر خط، بينما الصورة التي يشاهدها V2 غامضة للغاية، فكلما كبّرنا حجم الخط، كلما يمكن لكل من V2 وV1 التعرف إلى النص. إذا صبح الخط أكبر، فسيكون من الصعب على V1 التعرف إلى النص، بينما في المقابل لا يزال V2 قادراً على القيام بذلك. لذلك، قد تتعلم الأعمدة في المنطقتين V1 وV2 نماذج للكائنات، مثل الحروف والكلمات، لكن النماذج تختلف حسب المقياس.

أين تُخزن المعرفة في الدماغ؟

تتوزع المعرفة في الدماغ، فلا يتم تخزين أي شيء نعرفه في مكان واحد، مثل خلية واحدة أو عمود واحد. ولا يتم تخزين أي شيء في كل مكان، كما هو الحال في صورة ثلاثية الأبعاد، حيث يتم توزيع المعرفة بشيء ما في آلاف الأعمدة، ولكن هذه مجموعة فرعية صغيرة من جميع الأعمدة.

فكّر مرة أخرى في فنجان قهوتنا؛ أين تُخزن المعرفة عن فنجان القهوة في الدماغ؟ هناك العديد من

الأعمدة القشرية في المناطق المرئية التي تتلقى مدخلات من شبكية العين. يتعلم كل عمود يرى جزءاً من الفنجان نموذجاً للفنجان ويحاول التعرف إليه، وبالمثل، إذا أمسكت الفنجان بين يديك، فعندئذٍ تنشط العشرات إلى المئات من النماذج في المناطق اللمسية من القشرة المخية الحديثة. ليس هناك من نموذج واحد لفنجان القهوة؛ فما تعرفه عن فناجين القهوة موجود في آلاف النماذج، في آلاف الأعمدة ولكن، مع ذلك، في جزء صغير فقط من جميع الأعمدة في القشرة المخية الحديثة. هذا هو السبب في أننا نسميها نظرية الألف دماغ: يتم توزيع معرفة أي عنصر معين بين آلاف النماذج التكميلية.

هنا تشبيه: لنفترض أن لدينا مدينة بها مئة ألف مواطن، كما يوجد في المدينة مجموعة من الأنابيب والمضخات والخزانات والمرشحات لتوصيل المياه النظيفة لكل أسرة، فيحتاج نظام المياه إلى صيانة ليظل في حالة عمل جيدة. أين تكمن المعرفة حول كيفية الحفاظ على نظام المياه؟ من غير الحكمة أن يعرف شخص واحد فقط هذا، ومن غير العملي أن يعرفه كل مواطن. الحل هو توزيع المعرفة بين العديد من الأشخاص، ولكن ليس الكثير منهم، ففي هذه الحالة، لنفترض أن قسم المياه يضم خمسين عاملاً، واستمراراً لهذا القياس، لنفترض أن هناك مئة جزء من نظام المياه - أي مئة مضخة وصمامات وخزانات وما إلى ذلك - وكل واحد من الخمسين عاملاً في قسم المياه يعرف كيفية صيانة وإصلاح نظام مختلف، ولكن هناك معارف متداخلة، مجموعة من عشرين جزء.

حسناً، أين يتم تخزين المعرفة بنظام المياه؟ كل جزء من الأجزاء المئة يعرفه حوالى عشرة أشخاص مختلفين، فإذا مرض نصف العمال ذات يوم، فمن المحتمل جداً أنه لا يزال هناك خمسة أشخاص أو نحو ذلك متاحون لإصلاح أي جزء معين. يمكن لكل موظف صيانة وإصلاح 20 بالمئة من النظام بمفرده، دون إشراف. يتم توزيع المعرفة حول كيفية صيانة وإصلاح نظام المياه بين عدد قليل من السكان.

لاحظ أن قسم المياه قد يكون لديه بعض التسلسل الهرمي للسيطرة، ولكن من غير الحكمة منع أي استقلالية أو تخصيص أي جزء من المعرفة لشخص واحد أو شخصين فقط. تعمل الأنظمة المعقدة بشكل أفضل عندما توزع المعرفة والإجراءات بين العديد من العناصر، ولكن ليس كثيراً.

كل شيء في الدماغ يعمل بهذه الطريقة، فعلى سبيل المثال، لا تعتمد الخلية العصبية أبداً على مشبك واحد، وبدلاً من ذلك، قد تُستخدَم ثلاثون نقطة اشتباك عصبية للتعرف إلى نمط، حتى إذا فشلت عشرة من تلك المشابك العصبية، سيظل العصبون قادراً على التعرف إلى النمط، إذ لا تعتمد شبكة الخلايا العصبية أبداً على خلية واحدة. في شبكات المحاكاة التي نصنعها، عندما نفقد 30 بالمئة من الخلايا العصبية لا يكون لهذه الخسارة سوى تأثير هامشي على أداء الشبكة. فعلى سبيل المثال، لا تعتمد القشرة المخية الحديثة على عمود قشري واحد، فالدماغ يوالي عمله حتى لو قضت السكتة الدماغية أو الصدمة على آلاف الأعمدة.

لذلك، ينبغي ألا نتفاجأ من أن الدماغ لا يعتمد على نموذج واحد لأي شيء، لأن معرفتنا بشيء ما تتوزع بين آلاف الأعمدة القشرية. الأعمدة ليست زائدة عن الحاجة، وليست نسخاً مطابقة لبعضها، والأهم من ذلك، أن كل عمود عبارة عن نظام محرك حسي كامل، تماماً كما أن كل عامل في قسم المياه قادر على إصلاح جزء من البنية التحتية للمياه بشكل مستقل.

حل مشكلة الربط

لماذا لدينا تصور فردي ما دمنا نمتلك الآلاف من النماذج؟ عندما نمسك فنجان القهوة وننظر إليه، لماذا يبدو وكأنه شيء واحد وليس آلاف الأشياء؟ إذا وضعنا الفنجان على طاولة وأصدرنا صوتاً، فكيف يتّحد الصوت مع صورة فنجان القهوة وإحساسه؟ بعبارة أخرى، كيف ترتبط مدخلاتنا الحسية بإدراك فردي؟ افترض العلماء منذ فترة طويلة أن المدخلات المتنوعة للقشرة المخية الحديثة يجب أن تتقارب في مكان واحد في الدماغ حيث يُنظر إلى شيء مثل فنجان القهوة؛ هذا الافتراض جزء من التسلسل الهرمي لنظرية الميزات، ومع ذلك، فإن الروابط في القشرة المخية الحديثة لا تبدو هكذا، فبدلاً من التقارب في مكان واحد، تسير الاتصالات في كل اتجاه، وهذا أحد أسباب اعتبار المشكلة الملزمة لغزاً، لكننا اقترحنا إجابة: تصويت الأعمدة؛ فتصورك هو الإجماع الذي تصل إليه الأعمدة من خلال التصويت.

دعونا نعد إلى تشبيه الخريطة الورقية؛ تذكر أن لديك مجموعة من الخرائط لمدن مختلفة؛ يتم تقطيع الخرائط إلى مربعات صغيرة ومختلطة معاً، ويتم إنزالك في مكان غير معروف وترى مقهى، إذا وجدت مقاهي متشابهة المظهر في عدة مربعات خرائط، فلا يمكنك معرفة مكانك، وإذا كانت المقاهي موجودة في أربع مدن مختلفة، فأنت تعلم أنه يجب أن تكون في واحدة من هذه المدن الأربعة، لكن لا يمكنك تحديد أي منها.

لنتخيل الآن أن هناك أربعة أشخاص آخرين مثلك تماماً، لديهم أيضاً خرائط للمدن، وهم في المدينة نفسها التي أنت فيها ولكن في مواقع عشوائية مختلفة؛ إنهم مثلك لا يعرفون في أي مدينة هم أو أين هم. يرفعون العصابات عن أعينهم، وينظرون حولهم، فيرى شخص مكتبة، وعند النظر إلى مربعات الخريطة الخاصة به، يجد مكتبات في ست مدن مختلفة، ويرى شخص آخر حديقة ورود، ويجد حدائق ورود في ثلاث مدن مختلفة، ويقوم الشخصان الآخران بالأمر نفسه؛ لا أحد يعرف المدينة التي يتواجدون فيها، لكن لديهم جميعاً قائمة بالمدن المحتملة. الآن يصوت الجميع. لديكم أنتم الخمسة تطبيق على هواتفكم يسرد المدن والمواقع التي قد تكونون فيها، ويمكن لأي شخص منكم أن يرى قوائم الآخرين. فقط المدينة 9 هي المشتركة بين قوائم الجميع؛ لذلك، يعرف الجميع الآن أنهم في المدينة 9. من خلال مقارنة قوائم المدن المحتملة الخاصة بك، والاحتفاظ على تشارك المدن على قوائم الجميع، ستعرفون جميعاً على الفور مكان

وجودكم. نسمي هذه العملية التصويت.

في هذا المثال، الأشخاص الخمسة هم مثل خمسة أصابع تلمس مواقع مختلفة من شيء ما، إذ بشكل فردي لا يمكن للأصابع تحديد الشيء الذي تلمسه، لكنها معاً تستطيع. إذا لمست شيئاً ما بإصبع واحد فقط، فعليك تحريكه للتعرف إلى الشيء، ولكن إذا أمسكت الجسم بكامل يدك، يمكنك في العادة التعرف إليه في الحال. في جميع الحالات تقريباً، سيتطلب استخدام الأصابع الخمسة حركة أقل من استخدام إصبع واحد، وبالمثل، إذا نظرت إلى شيء من خلال قشة، يجب عليك تحريك القشة للتعرف إلى الشيء، ولكن إذا شاهدتها بالعين بأكملها، فسيمكنك في العادة التعرف إليها من دون تحريكها.

استمراراً في هذا القياس، تخيل أنه من بين الأشخاص الخمسة الذين وجدوا أنفسهم في المدينة، لا يسمع سوى شخص واحد. يتم تمييز مربعات خريطة هذا الشخص بالأصوات التي يجب أن يسمعوها في كل موقع، وعندما يسمعون نافورة، أو زقزقة طيور على الأشجار، أو موسيقى من كافيتريا، يجدون مربعات الخريطة حيث يمكن سماع هذه الأصوات. بالمثل، لنفترض أن شخصين يمكنهما لمس الأشياء فقط، حينها يتم تمييز خرائطهما بالأحاسيس اللمسية التي يتوقعان الشعور بها في مواقع مختلفة. أخيراً، يمكن لشخصين فقط الرؤية، فيتم تمييز مربعات الخرائط الخاصة بهما بما يمكنهما من توقع رؤيته في كل موقع. لدينا الآن خمسة أشخاص بثلاثة أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار: الرؤية، واللمس، والصوت. يشعر الأشخاص الخمسة بشيء ما، لكن لا يمكنهم تحديد أماكنهم، لذلك يصوتون. تعمل آلية التصويت بشكل مشابه لما وصفته من قبل، فهم بحاجة فقط للاتفاق على المدينة؛ لا يهم أي من التفاصيل الأخرى. يعمل التصويت عبر الأساليب الحسية.

لاحظ أنك بحاجة إلى معرفة القليل عن الأشخاص الآخرين، ولا تحتاج إلى معرفة ما هي الحواس لديهم أو عدد الخرائط التي لديهم، كما أنك لا تحتاج إلى معرفة ما إذا كانت خرائطهم تحتوي على مربعات أكثر أو أقل من خرائطك، أو إذا كانت المربعات تمثل مناطق أكبر أو أصغر، ولا تحتاج إلى معرفة الطريقة التي يتحركون وفقها. ربما يستطيع بعض الناس القفز فوق المربعات ويستطيع بعضهم الآخر التحرك بشكل قطري فقط؛ ما من شيء مهم في هذه التفاصيل، فالشرط الوحيد هو أن يتمكن الجميع من مشاركة قائمة المدن المحتملة الخاصة بهم. التصويت بين الأعمدة القشرية يحل مشكلة الربط، ويسمح للدماغ بتوحيد أنواع عديدة من المدخلات الحسية في تمثيل واحد لما يتم استشعاره.

هناك تطور آخر في التصويت، فنحن نظن أنك عندما تمسك شيئاً ما في يدك، تتشارك الأعمدة الملموسة التي تمثل أصابعك في معلومة أخرى، وهي موقعها النسبي مع بعضها البعض، مما يسهل معرفة ما تلمسه. تخيل أن مستكشفينا الخمسة وجدوا أنفسهم في مدينة مجهولة، فمن الممكن، على الأرجح، أن يروا خمسة أشياء موجودة في العديد من المدن، كمقهيين ومكتبة ومنتزه ونافورة، وهنا سيؤدي

التصويت إلى القضاء على أي مدن محتملة لا تحتوي على كل هذه الميزات، لكن المستكشفين لا يعرفون حتى الآن على وجه اليقين مكانها، نظراً لأن العديد من المدن فيها جميع الميزات الخمس. مع ذلك، إذا كان المستكشفون الخمسة يعرفون موقعهم النسبي بالنسبة إلى بعضهم، فيمكنهم حينئذٍ التخلص من أي مدن لا تحتوي على الميزات الخمس في هذا الترتيب المحدد. نشك في أن المعلومات المتعلقة بالموضع النسبي يتم مشاركتها أيضاً بين بعض الأعمدة القشرية.

ما هي الطريقة التي يصوت وفقها الدماغ؟

تذكر أن معظم التوصيلات الموجودة في العمود القشري تتحرك إلى الأعلى والأسفل بين الطبقات، وتبقى إلى حدٍّ كبير داخل حدود العمود، ولكن هناك بعض الاستثناءات المعروفة لهذه القاعدة.

ترسل الخلايا في بعض الطبقات محاور عصبية لمسافات طويلة داخل القشرة المخية الحديثة؛ قد ترسل محاورها من جانب واحد من الدماغ إلى الجانب الآخر، على سبيل المثال، بين المناطق التي تمثل اليد اليمنى واليسرى، أو قد ترسل محاورها من V1، المنطقة المرئية الأولية، إلى A1، المنطقة السمعية الأولية. نقترح أن هذه الخلايا ذات الاتصالات بعيدة المدى ستصوت.

من المنطقي أن تصوت خلايا معينة فقط، إذ لا تمثل معظم الخلايا في العمود نوع المعلومات التي يمكن للأعمدة التصويت عليها. على سبيل المثال، يختلف الإدخال الحسي لعمود واحد عن الإدخالات الحسية إلى الأعمدة الأخرى، وبالتالي، لا تُسقط الخلايا التي تتلقى هذه المدخلات على أعمدة أخرى، لكن الخلايا التي تمثل الشيء الذي يتم استشعاره يمكنها التصويت وستعرض على نطاق واسع.

الفكرة الأساسية بشأن الطريقة التي تصوت وفقها الأعمدة ليست معقدة، فباستخدام اتصالاته بعيدة المدى، يبث العمود ما يعتقد أنه يراقبه. غالباً ما يكون العمود غير مؤكد، وفي هذه الحالة سترسل الخلايا العصبية الخاصة به احتمالات متعددة في الوقت نفسه، وفي غضون ذلك، يتلقى العمود توقعات من أعمدة أخرى تمثل تخميناتها. التخمينات الأكثر شيوعاً تُخمد التخمينات الأقل شيوعاً حتى تستقر الشبكة بالكامل على إجابة واحدة، والمثير للدهشة أن العمود لا يحتاج إلى إرسال تصويته إلى كل عمود آخر. تعمل آلية التصويت بشكل جيد حتى إذا كانت المحاور طويلة المدى متصلة بمجموعة فرعية صغيرة تم اختيارها عشوائياً من أعمدة أخرى. يتطلب التصويت أيضاً مرحلة تعلم؛ في أوراقنا المنشورة، وصفنا محاكاة البرامج التي تُظهر كيفية حدوث التعلم وكيف يحدث التصويت بسرعة وموثوقية.

استقرار الإدراك

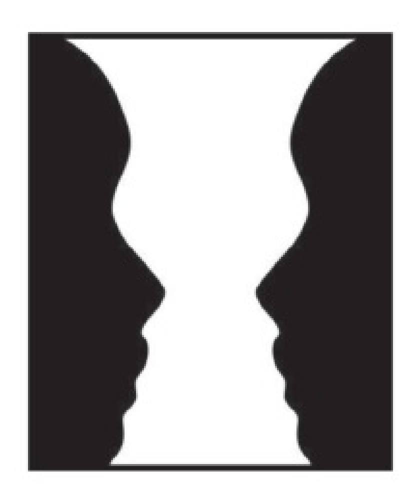
يحل التصويت في العمود لغزاً آخر من ألغاز الدماغ: لماذا يبدو إدراكنا للعالم مستقراً عندما تتغير مدخلات الدماغ؟ عندما تتحرك أعيننا، يتغير المدخل إلى القشرة المخية الحديثة مع كل حركة للعين، وبالتالي يجب أن تتغير الخلايا العصبية النشطة أيضاً، ومع ذلك فإن إدراكنا البصري مستقر. لا يبدو أن العالم يقفز بينما تتحرك أعيننا؛ ففي معظم الأوقات، لا ندرك تماماً أن أعيننا تتحرك على الإطلاق. يحدث استقرار مماثل في الإدراك باللمس؛ تخيل أن فنجان قهوة على مكتبك وأنت تمسكه بيدك، فأنت ترى الفنجان، أنت الآن تحرك أصابعك على الفنجان، وأثناء قيامك بذلك، تتغير مدخلات القشرة المخية الحديثة، لكن لديك تصوراً بأن الفنجان مستقر، ولا تعتقد أنه يتغير أو يتحرك.

حسناً، لماذا يكون إدراكنا مستقراً؟ ولماذا لا ندرك تغيير المدخلات من بشرتنا وأعيننا؟ التعرف إلى كائن يعني تصويت الأعمدة واتفاقها على الشيء الذي تستشعره. تشكل الخلايا العصبية التصويتية في كل عمود نمطاً مستقراً يمثل الكائن ومكانه بالنسبة إليك. لا يتغير نشاط الخلايا العصبية التصويتية عندما تحرك عينيك وأصابعك، طالما أنها تستشعر الشيء نفسه. تتغير الخلايا العصبية الأخرى في كل عمود مع الحركة، لكن الخلايا العصبية التصويتية، تلك التي تمثل الشيء، لا تتغير.

إذا استطعت أن تلقي نظرة إلى القشرة المخية الحديثة، فسترى نمطاً ثابتاً من النشاط في طبقة واحدة من الخلايا؛ سوف يمتد الثبات على مساحات كبيرة، ويغطي آلاف الأعمدة؛ هذه هي الخلايا العصبية التصويتية. سيتغير نشاط الخلايا في الطبقات الأخرى بسرعة على أساس عمود تلو الآخر، إذ إن ما ندركه يعتمد على الخلايا العصبية التصويتية المستقرة، حيث تنتشر المعلومات الواردة من هذه الخلايا العصبية على نطاق واسع إلى مناطق أخرى من الدماغ، حيث يمكن تحويلها إلى لغة أو تخزينها في الذاكرة قصيرة المدى. نحن لا ندرك بوعي النشاط المتغير داخل كل عمود، حيث يظل داخل العمود، ولا يمكن الوصول إليه من قبل أجزاء أخرى من الدماغ.

لوقف النوبات، يقوم الأطباء أحياناً بقطع الروابط بين الجانبين الأيمن والأيسر من القشرة المخية الحديثة، وبعد الجراحة، يتصرف المرضى كما لو أن لديهم دماغين. تظهر التجارب بوضوح أن جانبي الدماغ لديهما أفكار مختلفة ويصلان إلى استنتاجات مختلفة، ويمكن أن يفسر التصويت في العمود السبب، حيث يتم استخدام الروابط بين القشرة المخية اليمنى واليسرى للتصويت. عندما يتم قطعها، لم يعد هناك طريق للجانبين للتصويت، لذلك يتوصلان إلى استنتاجات مستقلة.

يكون عدد الخلايا العصبية النشطة التصويتية في أي وقت قليلاً؛ فإذا كنت عالماً تبحث في الخلايا العصبية المسؤولة عن التصويت، فقد ترى 98 بالمئة من الخلايا صامتة و2 بالمئة تنشط باستمرار. سيتغير نشاط الخلايا الأخرى في الأعمدة القشرية مع تغير المدخلات، وهذا ما سيسهل تركيز انتباهك على الخلايا العصبية المتغيرة وتفويت أهمية الخلايا العصبية التصويتية.



يريد الدماغ أن يتوصل إلى إجماع؛ ربما تكون قد رأيت الصورة أعلاه، والتي يمكن أن تظهر على شكل مزهرية أو وجهين. في مثل هذه الأمثلة، لا يمكن للأعمدة تحديد الكائن الصحيح، إذ يبدو الأمر كما لو أن لديها خريطتين لمدينتين مختلفتين، لكن الخرائط، على الأقل في بعض المناطق، متطابقة؛ «بلدة المزهرية» و«بلدة الوجوه» متشابهة. تريد طبقة التصويت الوصول إلى إجماع - فهي لا تسمح لكائنين أن يكونا نشطين في وقت واحد - لذلك فهي تختار أحد الاحتمالات على الأخرى. يمكنك رؤية شكل الوجهين أو المزهرية، ولكن لا يمكنك رؤية الشكلين معاً في الوقت نفسه.

الانتباه

من الشائع أن حواسنا مسدودة جزئياً، كما هو الحال عندما تنظر إلى شخص يقف خلف باب السيارة، فعلى الرغم من أننا لا نرى سوى نصف شخص، إلا أننا لا ننخدع، فنحن نعلم أن شخصاً كاملاً يقف خلف الباب. الأعمدة التي ترى الشخص تصوت، وهي على يقين أن هذا الكائن هو شخص. تُسقط الخلايا العصبية التصويتية على الأعمدة التي يتم حجب مدخلاتها، والآن يعرف كل عمود أن هناك شخصاً، حتى الأعمدة التي حظرت يمكنها التوقع بما سترى ما لم يكن الباب موجوداً.

بعد لحظة، يمكننا تحويل انتباهنا إلى باب السيارة؛ هناك تفسيران للمدخلات تماماً مثل الصورة ثنائية الاستقرار للمزهرية والوجهين. يمكننا تحويل انتباهنا ذهاباً وإياباً بين «شخص» و«باب». مع كل تحول، تستقر الخلايا العصبية التصويتية على شيء مختلف. لدينا تصور أن الشيئين موجودان، على الرغم من أنه لا يمكننا استحضار إلا واحد في كل مرة.

يمكن للدماغ أن يهتم بأجزاء أصغر أو أكبر من المشهد المرئي، فعلى سبيل المثال، يمكنني استحضار باب السيارة بالكامل، أو يمكنني استحضار المقبض فقط. لم يتم فهم كيفية قيام الدماغ بذلك

بالضبط، ولكنها تتضمن جزءاً من الدماغ يسمى المهاد، والذي يرتبط بإحكام بجميع مناطق القشرة المخية الحديثة.

يؤدي الانتباه دوراً أساسياً في كيفية تعلم الدماغ للنماذج، فبينما تمضي في يومك، يهتم دماغك بسرعة وباستمرار بأشياء مختلفة، على سبيل المثال، عندما تقرأ، ينتقل انتباهك من كلمة إلى أخرى، أو عند النظر إلى مبنى، يمكن أن ينتقل انتباهك من المبنى إلى نافذة، إلى باب، إلى مزلاج الباب، ومن الخلف إلى الأمام، وما إلى ذلك. نحن نعتقد أن ما يحدث هو أنك تستحضر في كل مرة شيئاً مختلفاً، يحدد دماغك موقع الشيء بالنسبة إلى الكائن الذي تم استحضاره سابقاً؛ إنه تلقائي، فهو جزء من عملية الانتباه. على سبيل المثال، أدخلُ غرفة طعام، قد استحضر أولاً أحد الكراسي ثم الطاولة؛ يتعرف دماغي إلى الكرسي ثم يتعرف إلى الطاولة، ومع ذلك، يحسب دماغي أيضاً الموضع النسبي للكرسي إلى الطاولة، وعندما أنظر حول غرفة الطعام، فإن دماغي لا يتعرف فقط إلى جميع الأشياء الموجودة في الغرفة، ولكن في الوقت نفسه يحدد مكان كل شيء بالنسبة إلى الأشياء الأخرى والغرفة نفسها، فبمجرد إلقاء نظرة خاطفة، يبني دماغي نموذجاً للغرفة يتضمن كل الأشياء التي استحضرتها.

غالباً ما تكون النماذج التي تتعلمها مؤقتة؛ لنفترض أنك جلست لتناول وجبة مع العائلة في غرفة الطعام، تنظر حول الطاولة، وترى الأطباق المختلفة، ثم أطلب منك أن تغمض عينيك، وتخبرني أين توجد البطاطا، فمن شبه المؤكد أنك ستكون قادراً على القيام بذلك، وهذا دليل على أنك تعلمت نموذجاً للجدول ومحتوياته في الوقت القصير الذي نظرت فيه إليه، بعد بضع دقائق، وبعد مرور الطعام، أطلب منك أن تغمض عينيك، وتشير مرة أخرى إلى البطاطا، فستشير الآن إلى موقع جديد، حيث رأيت البطاطا آخر مرة. إن الهدف من هذا المثال، هو أننا نتعلم باستمرار نماذج لكل ما نشعر به. إذا ظل ترتيب الميزات في نماذجنا ثابتاً، مثل الشعار الموجود على فنجان القهوة، فقد يتم تذكر النموذج لفترة طويلة، أما إذا تغير الترتيب، مثل الأطباق على الطاولة، فإن النماذج تكون مؤقتة.

لا تتوقف القشرة المخية الحديثة أبداً عن تعلم النماذج، فكل تحول في الانتباه - سواء أكنت تنظر إلى الأطباق على طاولة الطعام، أو تمشي في الشارع، أو تلاحظ شعاراً على فنجان قهوة - يضيف عنصراً آخر إلى نموذج لشيء ما؛ إنها عملية التعلم نفسها إذا كانت النماذج سريعة الزوال أو طويلةالأمد.

التسلسل الهرمي في نظرية الألف دماغ

طيلة عقود، التزم معظم علماء الأعصاب بالتسلسل الهرمي لنظرية الميزات، وذلك لأسباب وجيهة. هذه النظرية، على الرغم من وجود العديد من المشاكل، تناسب الكثير من البيانات. تقترح نظريتنا

طريقة مختلفة للتفكير في القشرة المخية الحديثة، إذ تفيد نظرية الألف دماغ أن التسلسل الهرمي لمناطق القشرة المخية الحديثة ليس ضرورياً تماماً، حتى منطقة قشرية واحدة يمكنها التعرف إلى الأشياء، كما يتضح من النظام البصري للفأر. حسناً، ما هي؟ هل القشرة المخية الحديثة منظمة على شكل تسلسل هرمي أو آلاف النماذج التي تصوت للتوصل إلى توافق في الآراء؟

يشير تشريح القشرة المخية الحديثة إلى وجود نوعين من الاتصالات. كيف يمكننا فهم هذا؟ تقترح نظريتنا طريقة مختلفة للتفكير في الاتصالات تتوافق مع كل من النماذج الهرمية والعمود الواحد. لقد اقترحنا أن الكائنات الكاملة، وليس الميزات، تمرر بين المستويات الهرمية، فبدلاً من استخدام القشرة المخية الحديثة التسلسل الهرمي لتجميع الميزات في كائن معترف به، تستخدم القشرة المخية الحديثة التسلسل الهرمي لتجميع الكائنات في كائنات أكثر تعقيداً.

ناقشت التكوين الهرمي في وقت سابق؛ تذكر مثال فنجان القهوة مع شعار مطبوع على جانبه. نتعلم شيئاً جديداً مثل هذا من خلال استحضار الفنجان أولاً، ثم الشعار؛ يتكون الشعار أيضاً من أشياء، مثل رسم وكلمة، لكننا لا نحتاج إلى تذكر مكان وجود ميزات الشعار بالنسبة إلى الفنجان، بل نحتاج فقط إلى معرفة الموضع النسبي للإطار المرجعي للشعار بالإطار المرجعي للفنجان؛ تم تضمين جميع الميزات التفصيلية للشعار بشكل ضمني.

هذه هي الطريقة التي يتم بها تعلّم العالم بأسره: كتسلسل هرمي معقد للأشياء الموجودة بالنسبة إلى الكائنات الأخرى. كيف تفعل القشرة المخية الحديثة هذا؟ لا يزال الأمر غير واضح. على سبيل المثال، نشك في حدوث قدر من التعلم الهرمي داخل كل عمود، ولكن بالتأكيد هذا ليس كل ما في الأمر، سيتم التعامل مع بعضها من خلال الروابط الهرمية بين المناطق. لا يُفهم مقدار ما يتم تعلمه في عمود واحد ومقدار ما يتم تعلمه في الروابط بين المناطق؛ نحن نعمل على هذه المشكلة. من شبه المؤكد أن الإجابة ستتطلب فهماً أفضل للانتباه، ولهذا السبب ندرس المهاد.

في صفحات سابقة من هذا الفصل، أعددت قائمة بالمشكلات المتعلقة بوجهة النظر الشائعة القائلة إن القشرة المخية الحديثة هي تسلسل هرمي لكاشفات الميزات. دعنا نستعرض هذه القائمة مرة أخرى، هذه المرة نناقش كيف تعالج نظرية الألف دماغ كل مشكلة، بدءاً من الدور الأساسي للحركة.

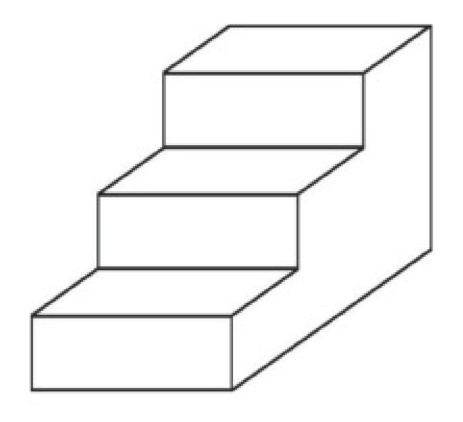
- هي في جوهرها نظرية حسية حركية، تشرح كيف نتعلم ونتعرف إلى الأشياء من خلال الحركة، والأهم من ذلك، أنها تفسر أيضاً سبب قدرتنا أحياناً على التعرف إلى الأشياء دون التحرك، كما هو الحال عندما نرى صورة مختصرة على الشاشة أو نلتقط شيئاً بكل أصابعنا. وبالتالي، فإن نظرية الألف دماغ هي مجموعة شاملة من النموذج الهرمي.

• الحجم الكبير نسبياً للمنطقتين V1 وV2 لدى الرئيسيات والحجم الكبير المنفرد للمنطقة V1 لدى الفئران أمر منطقي في نظرية الألف دماغ، لأن كل عمود يمكنه التعرف إلى الأشياء الكاملة. على عكس ما يعتقده العديد من علماء الأعصاب اليوم، تفيد نظرية الألف دماغ أن معظم ما نعتقد أنه رؤية يحدث في المنطقتين V1 وV2. المناطق الأولية والثانوية المتعلقة باللمس كبيرة نسبياً أيضاً.

• يمكن لنظرية الألف دماغ أن تشرح لغز كيفية معرفة الخلايا العصبية لما سيكون مدخلها التالي بينما لا تزال العينان في حالة حركة. من الناحية النظرية، يحتوي كل عمود على نماذج لأشياء كاملة، وبالتالي يعرف ما يجب الشعور به في كل موقع على كائن ما، فإذا كان العمود يعرف الموقع الحالي لإدخاله وكيف تتحرك العينين، فسيمكنه حينئذٍ توقع الموقع الجديد، وما سيشعر به هناك. إنه يشبه النظر إلى خريطة مدينة وتوقع ما ستراه إذا بدأت السير في اتجاه معين.

• تستند مشكلة الربط على افتراض أن القشرة المخية الحديثة لها نموذج واحد لكل كائن في العالم. تقلب نظرية الألف دماغ هذا وتقول إن هناك الآلاف من النماذج لكل كائن. لا يتم ربط أو دمج المدخلات المتنوعة للدماغ في نموذج واحد، ولا يهم أن الأعمدة لها أنواع مختلفة من المدخلات، أو أن أحد الأعمدة يمثل جزءاً صغيراً من شبكية العين ويمثل العمود التالي جزءاً أكبر، كما لا يهم إن كانت الشبكية بها ثقوب، أكثر مما يهم أن هناك فجوات بين أصابعك. يمكن أن يكون النمط المسقط على المنطقة V1 مشوهاً ومختلطاً ولن يكون مهماً، لأنه لا يوجد جزء من القشرة المخية الحديثة يحاول إعادة تجميع هذا التمثيل المختلط. تشرح آلية التصويت الخاصة بنظرية الألف دماغ سبب امتلاكنا تصوراً فردياً غير مشوه، كما يشرح أيضاً كيف يؤدي التعرف إلى كائن في طريقة حسية واحدة إلى توقعات في الطرائق الحسية الأخرى.

• أخيراً، تُظهر نظرية الألف دماغ كيف تتعلم القشرة المخية الحديثة نماذج ثلاثية الأبعاد للأشياء باستخدام الأطر المرجعية. كدليل صغير آخر، انظر إلى الصورة التالية؛ إنها مجموعة من الخطوط المستقيمة المطبوعة على سطح مستوٍ. لا توجد نقطة تلاشٍ ولا خطوط متقاربة ولا تناقضات متناقصة تشير إلى العمق، مع ذلك، لا يمكنك النظر إلى هذه الصورة دون رؤيتها على أنها مجموعة درجات ثلاثية الأبعاد. لا يهم أن الصورة التي تراها ثنائية الأبعاد؛ النماذج في القشرة المخية الحديثة لديك ثلاثية الأبعاد، وهذا ما تدركه.



الدماغ معقد؛ تعتبر تفاصيل كيفية إنشاء خلايا المكان وخلايا الشبكة أُطراً مرجعية، وتعلم نماذج البيئات، وسلوكيات التخطيط أكثر تعقيداً مما وصفته، وفهمها جزئياً فقط. نحن نقترح أن تستخدم القشرة المخية الحديثة آليات مماثلة، وهي معقدة بالقدر نفسه وحتى أقل فهماً. هذا مجال بحث نشط لكل من علماء الأعصاب التجريبيين والمنظرين أمثالنا.

للمضي قدماً في هذه الموضوعات وغيرها، يجب أن أقدم تفاصيل إضافية عن علم التشريح العصبي وعلم وظائف الأعضاء العصبية، وهي تفاصيل يصعب وصفها وليست ضرورية لفهم أساسيات نظرية الألف دماغ للذكاء. لذلك، وصلنا إلى حد ينتهي فيه ما يستكشفه هذا الكتاب، ويبدأ فيه ما تحتاج الأوراق العلمية إلى تغطيته.

في مقدمة هذا الكتاب، قلت إن الدماغ مثل أحجية الصور المقطوعة؛ لدينا عشرات الآلاف من الحقائق حول الدماغ، كل منها مثل قطعة اللغز، ولكن من دون إطار نظري، لم يكن لدينا أي فكرة عن شكل حل اللغز، ومن دون إطار نظري، أفضل ما يمكننا فعله هو ربط بضع قطع معاً هنا وهناك. نظرية الألف دماغ هي إطار عمل، إنه يشبه إنهاء حدود اللغز ومعرفة الشكل العام للصورة. أثناء الكتابة، ملأنا بعض الأجزاء الداخلية من اللغز، بينما لم يتم الانتهاء من العديد من الأجزاء الأخرى. على الرغم من بقاء الكثير، إلا أن مهمتنا أصبحت أبسط الآن لأن معرفة الإطار المناسب يوضح الأجزاء التي لم يتم ملؤها بعد.

لا أريد أن أترك لديك انطباعاً خاطئاً بأننا نفهم كل شيء تفعله القشرة المخية الحديثة، فنحن بعيدون عن ذلك كل البعد، إذ إنّ عدد الأشياء التي لا نفهمها عن الدماغ بشكل عام، والقشرة المخية الحديثة على وجه الخصوص، كبير. مع ذلك، لا أعتقد أنه سيكون هناك إطار نظري شامل آخر؛ طريقة مختلفة لترتيب الأجزاء الحدودية للغز. يتم تعديل الأطر النظرية وصقلها بمرور الوقت، وأتوقع أن يكون الشيء نفسه صحيحاً بالنسبة إلى نظرية الألف دماغ، لكن الأفكار الأساسية التي قدمتها هنا، على ما أعتقد، ستبقى

سليمة في الغالب.

* * *

قبل أن ننهي هذا الفصل والقسم الأول من الكتاب، أود أن أخبركم ببقية القصة عن الوقت الذي قابلت فيه فيرنون ماونتكاسل؛ تذكر أنني ألقيت خطاباً في جامعة جونز هوبكنز، وفي نهاية اليوم قابلت ماونتكاسل وعميد قسمه، وقد حان وقت المغادرة إذ كان لديّ رحلة يتوجب عليّ اللحاق بها، فقلنا وداعاً، وكانت سيارة تنتظرني في الخارج، وبينما كنت أمشي عبر باب المكتب، اعترضني ماونتكاسل، ووضع يده على كتفي، وقال بنبرة صوت الناصح: «يجب أن تتوقف عن الحديث عن التسلسل الهرمي. إنه غير موجود حقاً».

لقد صدمت؛ كان ماونتكاسل أول خبير في العالم في مجال القشرة المخية الحديثة، وكان يخبرني أن واحدة من أكبر الميزات وأكثرها توثيقاً لم تكن موجودة. لقد فوجئت كما لو أن فرانسيس كريك نفسه قال لي: «أوه، جزء الحمض النووي هذا، لا يشفر جيناتك حقاً». لم أكن أعرف كيف أرد، لذلك لم أقل شيئاً، وعندما جلست في السيارة في طريقي إلى المطار، حاولت أن أفهم كلمات فراقه.

اليوم، تغير فهمي للتسلسل الهرمي في القشرة المخية الحديثة بشكل كبير؛ فهو أقل تراتبية بكثير مما كنت أعتقد ذات مرة. هل عرف فيرنون ماونتكاسل ذلك في ذلك الوقت؟ هل كان لديه أساس نظري ليقول إن التسلسل الهرمي لم يكن موجوداً بالفعل؟ هل كان يفكر في النتائج التجريبية التي لم أكن أعرف عنها؟ لقد مات عام 2015، ولن أتمكن من سؤاله أبداً. بعد وفاته، أخذت على عاتقي إعادة قراءة العديد من كتبه وأوراقه؛ فتفكيره وكتابته دائما ثاقبتان. كتابه 1998 Perceptual Neuroscience: The Cerebral Cortex هو كتاب رائع ويظل أحد الكتب المفضلة لديّ حول الدماغ. عندما أفكر في ذلك اليوم، كان من الحكمة أن أفوت رحلتي لإتاحة الفرصة لي للتحدث إليه أكثر، بل أكثر من ذلك، أتمنى أن أتحدث إليه الآن؛ أحب أن أصدق أنه كان سيستمتع بالنظرية التي وصفتها لك للتو.

الآن، أريد أن أحول انتباهنا إلى كيفية تأثير نظرية الألف دماغ على مستقبلنا.

القسم الثاني
ذكاء الآلة

جادل المؤرخ توماس كون في كتابه الشهير، هيكل الثورات العلمية، بأن معظم التقدم العلمي يعتمد على الأطر النظرية المقبولة على نطاق واسع، والتي أطلق عليها النماذج العلمية. من حين إلى آخر، يُقلب النموذج الراسخ ويتمّ استبداله بنموذج جديد؛ ما أسماه كون ثورة علمية.

اليوم، هناك نماذج ثابتة للعديد من الحقول الفرعية لعلم الأعصاب، مثل كيفية تطور الدماغ، والأمراض المتعلقة بالدماغ، والخلايا الشبكية وخلايا المكان. يتشارك العلماء الذين يعملون في هذه المجالات في المصطلحات والتقنيات التجريبية، ويتفقون على الأسئلة التي يريدون الإجابة عنها، لكن لا يوجد نموذج مقبول بشكل عام للقشرة المخية الحديثة والذكاء، بل هناك اتفاق ضئيل حول ما تفعله القشرة المخية الحديثة أو حتى الأسئلة التي يجب أن نحاول الإجابة عنها. قد يقول كوهن إن دراسة الذكاء والقشرة المخية الحديثة لا يزالان في مرحلة ما قبل النموذج.

في القسم الأول من هذا الكتاب، قدمت نظرية جديدة لكيفية عمل القشرة المخية الحديثة، وما يعنيه أن تكون ذكياً. يمكنك القول إنني أقترح نموذجاً لدراسة القشرة المخية الحديثة، وأنا واثق من أن هذه النظرية صحيحة إلى حد كبير، ولكن الأهم من ذلك أنها قابلة للاختبار أيضاً. ستوضح التجارب الجارية والمستقبلية أي أجزاء من النظرية صحيحة وأي أجزاء تحتاج إلى تعديل.

في هذا القسم، سأصف كيف ستؤثر نظريتنا الجديدة على مستقبل الذكاء الاصطناعي. تمتلك أبحاث الذكاء الاصطناعي نموذجاً راسخاً، وهي مجموعة شائعة من التقنيات يشار إليها باسم الشبكات العصبية الاصطناعية. يشترك علماء الذكاء الاصطناعي في المصطلحات والأهداف، مما سمح للمجال بإحراز تقدم مطرد خلال السنوات الأخيرة.

تقترح نظرية الألف دماغ للذكاء أن مستقبل ذكاء الآلة سيكون مختلفاً بشكل كبير عما يفكر فيه معظم ممارسي الذكاء الاصطناعي اليوم. أعتقد أن الذكاء الاصطناعي جاهز لثورة علمية، وأن مبادئ

الذكاء التي وصفتها سابقاً ستكون أساس تلك الثورة.

لدي بعض التردد في الكتابة عن هذا الأمر، بسبب تجربة مررت بها في بداية مسيرتي المهنية عندما تحدثت عن مستقبل الحوسبة؛ حيث لم تسِر الأمور على ما يرام.

بعد فترة وجيزة من بدء استخدام حواسيب راحة اليد، طُلب مني إلقاء محاضرة في أنتل، دعت إنتل عدة مئات من كبار موظفيها إلى وادي السيليكون لحضور اجتماع تخطيطي لمدة ثلاثة أيام، وكجزء من هذه الاجتماعات، دعوا بعض الأشخاص الخارجيين لمخاطبة المجموعة بأكملها، وفي العام 1992 كنت أحد هؤلاء المتحدثين. اعتبرت الأمر تشريفاً لأن أنتل كانت تقود ثورة الحوسبة الشخصية وكانت إحدى أكثر الشركات احتراماً وقوة في العالم. كانت شركتي، بالم، شركة ناشئة صغيرة لم تشحن منتجها الأول بعد، ومع ذلك تحدثت عن مستقبل الحوسبة الشخصية.

اقترحت أن مستقبل الحوسبة الشخصية ستهيمن عليه أجهزة حاسوب صغيرة بما يكفي لتناسب جيبك، وستكلف هذه الأجهزة ما بين خمسمئة وألف دولار وستعمل على بطارية تتيح لها العمل طوال اليوم. بالنسبة إلى مليارات الأشخاص حول العالم، سيكون جهاز حاسوب بحجم الجيب هو الوحيد الذي يمتلكونه، وبالنسبة إليّ، كان هذا التحول حتمياً. أراد مليارات الأشخاص الوصول إلى أجهزة الحاسوب، لكن أجهزة الحاسوب المحمولة وأجهزة الحاسوب المكتبية كانت باهظة الثمن، وكان استخدامها في غاية الصعوبة. رأيت جاذبية لا هوادة فيها نحو أجهزة حاسوب بحجم الجيب، والتي كانت أسهل في الاستخدام وأقل تكلفة.

في ذلك الوقت، كان هناك مئات الملايين من أجهزة الحاسوب الشخصية المكتبية والمحمولة، وقد باعت أنتل وحدات المعالجة المركزية لمعظمها. إن متوسط تكلفة شريحة وحدة المعالجة المركزية حوالى أربعمئة دولار، واستهلكت الكثير من الطاقة لاستخدامها في حاسوب محمول يعمل على البطارية. اقترحت على المديرين في أنتل أنه إذا أرادوا الاستمرار في موقعهم الريادي في مجال الحوسبة الشخصية، فعليهم التركيز على ثلاثة مجالات: تقليل استهلاك الطاقة، وجعل الرقائق أصغر، ومعرفة كيفية تحقيق ربح من منتج يتم بيعه بأقل من ألف دولار. كانت نبرة حديثي متواضعة وليست حادة؛ كان الأمر مثل: «أوه، بالمناسبة، أعتقد أن هذا سيحدث وقد ترغب النظر في الآثار التالية».

بعد أن أنهيت حديثي، تلقيت أسئلة من الجمهور؛ كان الجميع جالسين إلى مائدة الغداء ولم يتم تقديم الطعام حتى أنهيت، لذلك لم أتوقع تلقي الكثير من الأسئلة؛ أتذكر أحدها فقط، حيث وقف شخص وسأل - كما بدا - بنبرة ساخرة: «ما الغاية التي من أجلها سيستخدم الناس هذه الحواسيب؟»، كان من الصعب الإجابة عن ذلك السؤال.

في ذلك الوقت، تم استخدام أجهزة الحاسوب الشخصية بشكل أساسي لمعالجة الكلمات وجداول البيانات وقواعد البيانات. لم يكن أي من هذه التطبيقات مناسباً لجهاز حاسوب محمول ذي شاشة صغيرة غير مربوط بلوحة مفاتيح. أخبرني المنطق أن أجهزة الحاسوب المحمولة ستُستخدم في الغالب للوصول إلى المعلومات، وليس إنشائها، وكان هذا هو الجواب الذي قدمته، فقلت إن الوصول إلى التقويم ودفتر العناوين الخاص بك سيكون أول التطبيقات، لكنني علمت أنهما غير كافيين لتحويل الحوسبة الشخصية؛ لذا، قلت إننا سنكتشف تطبيقات جديدة أكثر أهمية.

تذكر أنه في أوائل عام 1992 لم تكن هناك موسيقى رقمية ولا تصوير رقمي ولا شبكة وايفاي ولا بلوتوث ولا بيانات على الهواتف المحمولة، ولم يكن قد اخترع أول متصف ويب، لم يكن لديّ أي فكرة عن اختراع هذه التقنيات، وبالتالي، لا يمكنني تخيل التطبيقات القائمة عليها، لكنني كنت أعلم أن الناس يريدون دائماً المزيد من المعلومات، وبطريقة ما، سنكتشف كيفية توصيلها إلى أجهزة الحاسوب المحمولة.

بعد التحدث، جلست إلى طاولة مع الدكتور جوردون مور، المؤسس الأسطوري لشركة أنتل؛ كانت مائدة مستديرة ضمت حوالى عشرة أشخاص؛ سألت الدكتور مور عن رأيه في حديثي، فالتزم الجميع الصمت لسماع رده. لقد تجنب إعطائي إجابة مباشرة ثم تجنب التحدث معي لبقية الوجبة، وسرعان ما اتضح أنه لم يصدق هو ولا أي شخص آخر ما قلته.

لقد صدمتني هذه التجربة؛ إذا لم أتمكن من جعل الأشخاص الأذكى والأكثر نجاحاً في الحوسبة يفكرون في اقتراحي، فربما أكون مخطئاً، وربما يكون الانتقال إلى الحوسبة المحمولة أصعب بكثير مما كنت أتخيل. قررت أن أفضل طريق للمضي قدماً هو التركيز على صنع أجهزة حاسوب محمولة، وليس القلق بشأن ما يعتقده الآخرون. ابتداءً من ذلك اليوم، تجنبت إلقاء محادثات «ذات رؤية» حول مستقبل الحوسبة، وبدلاً من ذلك سعيت لتحقيق ذلك المستقبل.

اليوم، أجد نفسي في وضع مماثل؛ فمن الآن وصاعداً في الكتاب، سأصف مستقبلاً مختلفاً عما يتوقعه معظم الناس، بل معظم الخبراء. أولاً، أصف مستقبلاً للذكاء الاصطناعي يتعارض مع ما يفكر فيه معظم قادة الذكاء الاصطناعي حالياً، ثم في القسم الثالث، سأصف مستقبل البشرية بطريقة ربما لم تفكر فيها أبداً؛ بالطبع قد أكون مخطئا، فمن المعروف أن توقع المستقبل أمر صعب، لكن بالنسبة إليّ، فإن الأفكار التي أنا على وشك تقديمها تبدو حتمية، مثل الاستنتاجات المنطقية أكثر من التوقعات. ومع ذلك، كما اختبرت في أنتل منذ سنوات عديدة، فقد لا أتمكن من إقناع الجميع، لذا، سأبذل قصارى جهدي، وأطلب منك أن تكون منفتحاً.

سأتحدث في الفصول الأربعة التالية عن مستقبل الذكاء الاصطناعي، إذ يشهد الذكاء الاصطناعي حالياً نهضة؛ إنه أحد أهم المجالات في التكنولوجيا. يبدو أن كل يوم يجلب معه تطبيقات جديدة،

واستثمارات جديدة، وأداء محسّناً. تهيمن الشبكات العصبية الاصطناعية على مجال الذكاء الاصطناعي، على الرغم من أنها لا تشبه شبكات الخلايا العصبية التي نراها في الأدمغة. سأجادل في أن مستقبل الذكاء الاصطناعي سيعتمد على مبادئ مختلفة عن تلك المستخدمة اليوم؛ المبادئ التي تحاكي الدماغ عن كثب. ولبناء آلات ذكية حقاً، يجب علينا تصميمها لتلتزم بالمبادئ التي وضعتها في القسم الأول من الكتاب.

لا أعرف ما هي التطبيقات المستقبلية للذكاء الاصطناعي، لكن مثل التحول في الحوسبة الشخصية إلى الأجهزة المحمولة، أرى أن تحول الذكاء الاصطناعي نحو المبادئ القائمة على الدماغ أمر لا مفر منه.

الفصل الثامن
لماذا لا يوجد» أنا «في الذكاء الاصطناعي

منذ نشأته في العام 1956، مر مجال الذكاء الاصطناعي بعدة دورات من الحماس تلاها التشاؤم، ويسمي علماء الذكاء الاصطناعي هذه الدورات «صيف الذكاء الاصطناعي» و«شتاء الذكاء الاصطناعي». كانت كل موجة تعتمد على تقنية جديدة، وعدت بوضعنا على طريق إنشاء آلات ذكية، لكن هذه الابتكارات أخفقت في النهاية. يشهد الذكاء الاصطناعي حالياً موجة أخرى من الحماس، وصيفاً آخر، ومرة أخرى، التوقعات عالية في الصناعة. إن مجموعة التقنيات التي تقود الطفرة الحالية عبارة عن شبكات عصبية اصطناعية، وغالباً ما يشار إليها باسم التعلم العميق، ولقد حققت هذه الأساليب نتائج رائعة في مهام مثل تمييز الصور، والتعرف إلى اللغة المنطوقة، وقيادة السيارات. في العام 2011، تغلب جهاز حاسوب على أفضل اللاعبين الذين لعبوا عرض اللعبة جيوباردي، وفي العام 2016، تفوق حاسوب آخر على أفضل لاعب في العالم في لعبة غو، فهذان الإنجازان الأخيران تصدرا عناوين الصحف في جميع أنحاء العالم. فهكذا إنجازات مثيرة للإعجاب، لكن هل هذه الآلات ذكية حقاً؟

معظم الناس، بما في ذلك معظم باحثي الذكاء الاصطناعي، لا يعتقدون ذلك، إذ هناك العديد من الطرق التي يقصر فيها الذكاء الاصطناعي اليوم عن مستوى الذكاء البشري، فعلى سبيل المثال، البشر دائمو التعلم.

كما وصفت سابقاً، نحن نعدل باستمرار نموذجنا للعالم، وفي المقابل، يجب تدريب شبكات التعلم العميق بشكل كامل قبل نشرها، وبمجرد نشرها، لا يمكنها تعلم أشياء جديدة أثناء التنقل. على سبيل المثال، إذا أردنا تعليم الشبكة العصبية البصرية للتعرف إلى كائن إضافي، يجب إعادة تدريب الشبكة من الألف إلى الياء، الأمر الذي قد يستغرق أياماً. مع ذلك، إن السبب الأهم لعدم اعتبار أنظمة الذكاء الاصطناعي اليوم ذكية هو أنها لا تستطيع سوى فعل شيء واحد، في حين أن البشر يمكنهم فعل أشياء كثيرة. بعبارة أخرى، إن أنظمة الذكاء الاصطناعي ليست مرنة. يمكن لأي إنسان، مثلك أو مثلي، أن يتعلم لعبة غو، والمزرعة، وكتابة البرامج، والطيران بالطائرة، وتشغيل الموسيقى... فنحن نتعلم آلاف المهارات في

حياتنا، وعلى الرغم من أننا قد لا نكون الأفضل في أي واحدة من هذه المهارات، إلا أننا نتحلى بالمرونة في ما يمكننا تعلمه؛ لا تُظهر أنظمة التعلم العميق للذكاء الاصطناعي أي مرونة تقريباً. قد يلعب الحاسوب الذي يعمل بنظام غو بلاي اللعبة بشكل أفضل من أي إنسان، لكن لا يمكنه فعل أي شيء آخر. قد تكون السيارة ذاتية القيادة سائقاً أكثر أماناً من أي إنسان، ولكن لا يمكنها تشغيل غو أو إصلاح إطار مثقوب.

الهدف طويل المدى لبحوث الذكاء الاصطناعي هو إنشاء آلات تظهر ذكاءً شبيهاً بالذكاء البشري؛ آلات يمكنها أن تتعلم بسرعة مهامَّ جديدة، وترى التشابهات بين المهام المختلفة، وتحل المشكلات الجديدة بمرونة. يُطلق على هذا الهدف اسم «الذكاء العام الاصطناعي» أو AGI، لتمييزه عن الذكاء الاصطناعي المحدود اليوم. السؤال الأساسي الذي تواجهه صناعة الذكاء الاصطناعي اليوم هو: هل نحن حالياً على طريق إنشاء آلات ذكية حقاً، أم أننا سنتعثر مرة أخرى وندخل شتاء آخر للذكاء الاصطناعي؟ اجتذبت الموجة الحالية من الذكاء الاصطناعي آلاف الباحثين واستثمارات بمليارات الدولارات، ويتم استخدام كل هؤلاء الأشخاص والدولارات تقريباً لتحسين تقنيات التعلم العميق. هل سيؤدي هذا الاستثمار إلى ذكاء آلي على مستوى الإنسان، أم أن تقنيات التعلم العميق محدودة بشكل أساسي، وهذا يقودنا مرة أخرى إلى إعادة اختراع مجال الذكاء الاصطناعي؟ عندما تكون في وسط فقاعة، فمن السهل أن تنغمس في الحماس وتعتقد أنها ستستمر إلى الأبد؛ يشير التاريخ إلى أننا يجب أن نكون حذرين.

لا أعرف إلى متى ستستمر الموجة الحالية من الذكاء الاصطناعي في النمو، لكنني أعلم أن التعلم العميق لا يضعنا في الطريق إلى إنشاء آلات ذكية حقاً، إذ لا يمكننا الوصول إلى الذكاء الاصطناعي العام من خلال القيام بالمزيد مما نقوم به حالياً، بل علينا أن ننتهج نهجاً مختلفاً.

مساران إلى الذكاء الاصطناعي العام

هناك مساران اتبعهما باحثو الذكاء الاصطناعي لصنع آلات ذكية، حيث يركز أحدهما، وهو المسار الذي نتبعه اليوم، على جعل أجهزة الحاسوب تتفوق على البشر في مهامَّ محددة، مثل تشغيل غو أو اكتشاف الخلايا السرطانية في الصور الطبية؛ الأمل هو أنه إذا تمكنا من جعل أجهزة الحاسوب تتفوق على البشر في بعض المهام الصعبة، فسنكتشف في النهاية كيفية جعل أجهزة الحاسوب أفضل من البشر في كل مهمة. مع هذا النهج للذكاء الاصطناعي، لا تهم كيفية عمل النظام، ولا يهم ما إذا كان الحاسوب مرناً، إنما المهم فقط أن يقوم حاسوب الذكاء الاصطناعي بأداء مهمة معينة بشكل أفضل من أجهزة الحاسوب الأخرى التي تعمل بالذكاء الاصطناعي؛ في النهاية يكون أداء أفضل من أفضل إنسان. على سبيل المثال، إذا احتل أفضل حاسوب غو بلاي المرتبة السادسة في العالم، فلن يحتل عناوين الأخبار وقد يُنظر إليه على أنه فشل، لكن التغلب على أفضل لاعب في العالم سيُنظر إليه على أنه تقدم كبير.

أما المسار الثاني لإنشاء آلات ذكية هو التركيز على المرونة؛ مع هذا النهج، لا يفترض بأداء الذكاء الاصطناعي أن يكون أفضل من البشر، لأننا نسعى إلى إنشاء آلات يمكنها القيام بالعديد من الأشياء، وتطبيق ما تعلمته من مهمة إلى أخرى. يمكن أن يثمر النجاح على طول هذا المسار آلة تتمتع بقدرات طفل يبلغ من العمر خمس سنوات أو حتى كلب، ولكننا نأمل أننا إذا تمكنا أولاً من فهم كيفية بناء أنظمة ذكاء اصطناعي مرنة، فعندئذٍ، وباستخدام هذا الأساس، يمكننا في النهاية صنع أنظمة تساوي البشر أو تتفوق عليهم.

لقد فُضل هذا المسار الثاني في بعض الموجات السابقة للذكاء الاصطناعي، ومع ذلك، فقد ثبت أنه صعب للغاية. لقد أدرك العلماء أن القدرة على أن تكون مثل طفل يبلغ من العمر خمس سنوات تتطلب امتلاك قدر كبير من المعرفة اليومية، إذ يعرف الأطفال آلاف الأشياء عن العالم؛ إنهم يعرفون كيف تتسرب السوائل، وتتدحرج الكرات، وتنبح الكلاب، وكيفية استخدام أقلام الرصاص، وأقلام التحديد، والورق، والغراء، وكيف يفتحون الكتب، ويعرفون آلاف الكلمات وكيفية استخدامها لجعل الآخرين يفعلون الأشياء. لم يتمكن باحثو الذكاء الاصطناعي من معرفة كيفية برمجة هذه المعرفة اليومية في جهاز حاسوب، أو كيفية جعل الحاسوب يتعلم هذه الأشياء.

الجزء الصعب من المعرفة لا يكمن في ذكر حقيقة، بل في تمثيل هذه الحقيقة بطريقة مفيدة. فعلى سبيل المثال، خذ العبارة «الكرات مستديرة»، يعرف الطفل الذي يبلغ من العمر خمس سنوات ما تعنيه هذه العبارة، كما يمكننا بسهولة إدخال هذه العبارة في جهاز الحاسوب، ولكن كيف يمكن لجهاز الحاسوب فهمها؟ للكلمتين «كرة» و«دائري» معانٍ متعددة، إذ يمكن أن تكون الكرة مستديرة والبيتزا مستديرة ولكنها ليست مثل الكرة، ولكي يفهم الحاسوب «الكرة»، عليه أن يربط الكلمة بمعانٍ مختلفة، ولكل معنى علاقات مختلفة مع الكلمات الأخرى. الكائنات لديها أيضاً أفعال، فعلى سبيل المثال، ترتد بعض الكرات، لكن ترتد كرات القدم بشكل مختلف عن كرات البيسبول، والتي ترتد بشكل مختلف عن كرات التنس؛ أنت وأنا نتعلم بسرعة هذه الاختلافات من خلال الملاحظة، لا يفترض بأحد أن يخبرنا كيف ترتد الكرات؛ نحن فقط نرمي الكرة على الأرض ونرى ما سيحدث؛ لسنا على علم بكيفية تخزين هذه المعرفة في دماغنا. إن تعلُّم المعرفة اليومية مثل كيف ترتد الكرات أمر سهل.

لم يتمكن علماء الذكاء الاصطناعي من معرفة كيفية القيام بذلك داخل جهاز الحاسوب؛ لقد اخترعوا هياكل برمجية تسمى المخططات والأطر لتنظيم المعرفة، ولكن بغض النظر عما جربوه، انتهى بهم الأمر بفوضى غير قابلة للاستخدام. العالم معقد؛ يبدو أن عدد الأشياء التي يعرفها الطفل وعدد الروابط بين هذه الأشياء كبير بشكل مستحيل. أعلم أن الأمر يبدو أنه يجب أن يكون سهلاً، لكن لا أحد يستطيع معرفة كيف يمكن للحاسوب أن يعرف شيئاً بسيطاً مثل ماهية الكرة.

هذه المشكلة تسمى تمثيل المعرفة، وقد خلص بعض علماء الذكاء الاصطناعي إلى أن تمثيل المعرفة ليس مشكلة كبيرة للذكاء الاصطناعي فحسب، بل هو المشكلة الوحيدة؛ لقد زعموا أننا لا نستطيع صنع آلات ذكية حقاً حتى حللنا كيفية تمثيل المعرفة اليومية في الحاسوب.

لا تمتلك شبكات التعلم العميق اليوم المعرفة، بحيث لا يعرف الحاسوب الذي يلعب لعبة غو أنها لعبة، ولا يعرف تاريخ اللعبة، ولا يعرف ما إذا كان يلعب ضد جهاز حاسوب أو ضد إنسان، أو ما يعنيه «الحاسوب» و«الإنسان». بالمثل، إن شبكة التعلم العميق التي تصنف الصور قد تنظر إلى الصورة وتقول إنها قطة، لكن الحاسوب لديه معرفة محدودة بالقطط، لا يعرف أن القطط حيوانات أو أن لها ذيولاً وقوائمَ ورئات، ولا يعرف شيئاً عن محبي القطط مقابل الكلاب، أو أن القطط تموء، فجلّ ما تفعله شبكة التعلم العميق هو تحديد أن الصورة الجديدة تشبه الصور التي سبق رؤيتها والتي تم تصنيفها على أنها «قطة»؛ لا توجد معرفة بالقطط في شبكة التعلم العميق.

مؤخراً، حاول علماء الذكاء الاصطناعي اتباع نهج مختلف لتشفير المعرفة، إنهم ينشئون شبكات عصبية اصطناعية كبيرة ويدربونها على الكثير من النصوص: كل كلمة في عشرات الآلاف من الكتب، وكل ويكيبيديا، وتقريباً الإنترنت بالكامل. يغذون النص في الشبكات العصبية بكلمة واحدة في كل مرة، ومن خلال التدريب بهذه الطريقة، تتعلم الشبكات احتمال أن كلمات معينة تتبع كلمات أخرى. يمكن لشبكات اللغات هذه أن تفعل بعض الأشياء المدهشة، فعلى سبيل المثال، إذا أعطيت الشبكة بضع كلمات، يمكنها كتابة فقرة قصيرة تتعلق بهذه الكلمات، لكن من الصعب معرفة ما إذا كانت الفقرة قد تمت كتابتها بواسطة شبكة بشرية أم شبكة عصبية.

يختلف علماء الذكاء الاصطناعي حول ما إذا كانت شبكات اللغات هذه تمتلك معرفة حقيقية أم أنها تحاكي البشر فقط من خلال تذكر إحصائيات ملايين الكلمات. لا أعتقد أن أي نوع من شبكات التعلم العميق سيحقق هدف الذكاء الاصطناعي العام إذا لم تكوّن الشبكة نموذجاً للعالم بالطريقة التي يقوم بها الدماغ. تعمل شبكات التعلم العميق بشكل جيد، ولكن ليس لأنها حلت مشكلة تمثيل المعرفة؛ إنها تعمل بشكل جيد لأنها تتجنب ذلك تماماً، إنها تعتمد على الإحصائيات والكثير من البيانات بدلاً من ذلك. إن الطريقة التي تعمل بها شبكات التعلم العميق ذكية، وأداءها مثير للإعجاب، وهي ذات قيمة تجارية. أنا فقط أشير إلى أنها لا تمتلك المعرفة، وبالتالي، ليست على طريق امتلاك قدرة طفل يبلغ من العمر خمس سنوات.

العقول كنموذج للذكاء الاصطناعي

منذ اللحظة التي أصبحت فيها مهتماً بدراسة الدماغ، شعرت أنه يتعين علينا فهم كيفية عمله قبل أن

نتمكن من إنشاء آلات ذكية، وقد بدا هذا واضحاً بالنسبة إليّ، لأن الدماغ هو الشيء الوحيد الذي نعرفه عن الذكاء، وعلى مدى العقود التالية، لم يغير شيء رأيي، وهذا هو أحد الأسباب التي جعلتني أتابع بإصرار نظرية الدماغ: أشعر أنها خطوة أولى ضرورية لإبداع ذكاء اصطناعي ذكي حقاً. لقد عشت موجات متعددة من الحماس للذكاء الاصطناعي، وفي كل مرة قاومت القفز من الطائرة. كان من الواضح لي أن التقنيات المستخدمة لم تكن حتى مثل الدماغ، وبالتالي، فإن الذكاء الاصطناعي سيتعطل. من الصعب معرفة الطريقة التي يعمل الدماغ وفقها، لكنها خطوة أولى ضرورية لإنشاء آلات ذكية.

في النصف الأول من هذا الكتاب، وصفت التقدم الذي أحرزناه في فهم الدماغ؛ لقد وصفت كيف تتعلم القشرة المخية الحديثة نماذج من العالم باستخدام أُطر مرجعية تشبه الخرائط، فبالطريقة نفسها التي تمثل بها الخريطة الورقية المعرفة حول منطقة جغرافية مثل بلدة أو مدينة، تمثل الخرائط في الدماغ المعرفة حول الأشياء التي نتفاعل معها - مثل الدراجات والهواتف الذكية - والمعرفة حول أجسادنا - مثل أين أطرافنا وكيف تتحرك - والمعرفة بالمفاهيم المجردة؛ مثل الرياضيات.

تحل نظرية الألف دماغ مشكلة تمثيل المعرفة؛ إليك تشبيهاً يُسهّل الفهم، لنفترض أنني أريد أن أمثل المعرفة حول كائن مشترك؛ دباسة مثلاً؛ سيحاول باحثو الذكاء الاصطناعي الأوائل القيام بذلك عن طريق سرد أسماء الأجزاء المختلفة للدباسة، ثم وصف ما يفعله كل جزء. قد يكتبون قاعدة حول الدباسات التي تقول: «عندما يتم الضغط على الجزء العلوي من الدباسة إلى الأسفل، تخرج الدبابيس من أحد طرفيها». ولكن لفهم هذه العبارة، يجب تحديد كلمات مثل «أعلى» و«أسفل» و«دباسة»، كذلك معنى الإجراءات المختلفة مثل «الضغط إلى أسفل» و«يخرج». وهذه القاعدة غير كافية في حدّ ذاتها، فهي لا توضح الطريقة التي تواجه بها القطعة الأساسية عند خروجها، أو ما يحدث بعد ذلك، أو ما يجب عليك فعله إذا تعطلت المادة الأساسية، ولذلك، سيكتب الباحثون قواعد إضافية. أدت طريقة تمثيل المعرفة هذه إلى قائمة لا تنتهي من التعاريف والقواعد. لم يعرف باحثو الذكاء الاصطناعي كيفية إنجاحه، وقد جادل النقاد بأنه حتى لو أمكن تحديد جميع القواعد، فإن الحاسوب لا يزال «لا يعرف» ماهية الدباسة.

يتخذ الدماغ نهجاً مختلفاً تماماً لتخزين المعرفة حول دباسة: فهو يتعلم نموذجاً؛ النموذج هو تجسيد للمعرفة. تخيل للحظة أن هناك دباسة صغيرة في رأسك؛ إنها تماماً مثل دباسة حقيقية - لها الشكل نفسه، والأجزاء نفسها، وتتحرك بالطرق نفسها - إنها أصغر فقط. يمثل النموذج الصغير كل ما تعرفه عن الدباسات دون الحاجة إلى وضع ملصق على أي جزء من الأجزاء. إذا كنت تريد أن تتذكر ما يحدث عند الضغط على الجزء العلوي من الدباسة إلى الأسفل، فاضغط على النموذج المصغر لترى ما يحدث.

بالطبع، لا توجد دباسة مادية صغيرة في رأسك، لكن الخلايا في القشرة المخية الحديثة تتعلم نموذجاً افتراضياً يخدم الغرض نفسه، فعندما تتفاعل مع دباسة حقيقية، يتعلم الدماغ نموذجه الافتراضي،

والذي يتضمن كل ما لاحظته حول الدباسة الحقيقية، من شكلها إلى كيفية عملها عند استخدامها؛ تم تضمين معرفتك في الدباسات في النموذج؛ لا توجد قائمة بحقائق الدباسة وقواعد الدباسة المخزنة في دماغك.

لنفترض أنني أسألك عما يحدث عندما يتم دفع الجزء العلوي من الدباسة إلى الأسفل، فللإجابة عن هذا السؤال، لا تجد القاعدة المناسبة وتعيد تشغيلها لي، وبدلاً من ذلك، يتخيل عقلك الضغط على الدباسة، ويتذكر النموذج ما يحدث. يمكنك استخدام الكلمات لوصفها لي، ولكن لا يتم تخزين المعرفة في الكلمات أو القواعد؛ المعرفة هي النموذج.

أعتقد أن مستقبل الذكاء الاصطناعي سوف يعتمد على مبادئ الدماغ، وستتعلم الآلات الذكية حقاً، الذكاء العام الاصطناعي، نماذج من العالم باستخدام أُطر مرجعية تشبه الخرائط تماماً مثل القشرة المخية الحديثة. وأنا أرى أن هذا أمر لا مفر منه، ولا أعتقد أن هناك طريقة أخرى لإنشاء آلات ذكية حقاً.

الانتقال من حلول الذكاء الاصطناعي المخصصة إلى العالمية

يذكرني الوضع الذي نحن فيه اليوم بالأيام الأولى للحوسبة، فقد كانت كلمة «حاسوب» تشير في الأصل إلى الأشخاص الذين كانت وظيفتهم إجراء العمليات الحسابية. ولإنشاء جداول رقمية أو لفك تشفير الرسائل المشفرة، ستقوم العشرات من أجهزة الحاسوب البشرية بالحسابات اللازمة يدوياً. تم تصميم أجهزة الحاسوب الإلكترونية الأولى لتحل محل أجهزة الحاسوب البشرية في مهمة محددة، فعلى سبيل المثال، كان أفضل حل آلي لفك تشفير الرسائل هو الجهاز الذي يقوم بفك تشفير الرسائل فقط. جادل رواد الحوسبة مثل آلان تورينغ بأنه يجب علينا بناء أجهزة حاسوب عالمية: آلات إلكترونية يمكن برمجتها للقيام بأي مهمة، ومع ذلك، في ذلك الوقت، لم يعرف أحد أفضل طريقة لبناء مثل هذا الحاسوب.

كانت هناك فترة انتقالية حيث تم بناء أجهزة الحاسوب في العديد من الأشكال المختلفة؛ كانت هناك أجهزة حاسوب مصممة لأداء مهام محددة، وكانت هناك أجهزة حاسوب تمثيلية وأجهزة حاسوب لا يمكن إعادة استخدامها إلا عن طريق تغيير الأسلاك، وكانت هناك أجهزة حاسوب تعمل بالأرقام العشرية بدلاً من الأرقام الثنائية. اليوم، جميع أجهزة الحاسوب تقريباً هي الشكل العالمي الذي تصوره تورينغ. حتى إننا نشير إليها على أنها «آلات تورينغ عالمية». باستخدام البرنامج المناسب، يمكن تطبيق أجهزة الحاسوب الحالية على أي مهمة تقريباً. قررت قوى السوق أن أجهزة الحاسوب العامة ذات الأغراض العامة هي السبيل للمضي قدماً، هذا على الرغم من حقيقة أنه، حتى اليوم، يمكن تنفيذ أي مهمة معينة بشكل أسرع أو بطاقة أقل باستخدام حل مخصص، مثل شريحة خاصة. عادةً ما يفضل مصممو ومهندسو المنتجات التكلفة المنخفضة والملائمة لأجهزة الحاسوب ذات الأغراض العامة، على الرغم من أن الجهاز المخصص يمكن

أن يكون أسرع ويستهلك طاقة أقل.

سيحدث انتقال مماثل مع الذكاء الاصطناعي؛ اليوم، نحن نبني أنظمة ذكاء اصطناعي مخصصة تكون الأفضل في أي مهمة صُممت للقيام بها. لكن في المستقبل، ستكون أكثر الآلات ذكاءً عالمية: مثل البشر، قادرة عملياً على تعلم أي شيء.

تأتي أجهزة الحاسوب اليوم بأشكال وأحجام عديدة، من الحواسيب الصغيرة في محمصة الخبز إلى أجهزة الحاسوب بحجم الغرفة المستخدمة لمحاكاة الطقس. على الرغم من الاختلافات في الحجم والسرعة، تعمل جميع أجهزة الحاسوب هذه وفق المبادئ التي وضعها تورينغ وآخرون منذ سنوات عديدة؛ كلها نماذج لآلات تورينغ العامة. وبالمثل، ستأتي آلات المستقبل الذكية بأشكال وأحجام عديدة، ولكنها ستعمل جميعها على مجموعة مشتركة من المبادئ. ستكون معظم أنظمة الذكاء الاصطناعي آلات تعلم عالمية، على غرار الدماغ. (لقد أثبت علماء الرياضيات أن هناك بعض المشكلات التي لا يمكن حلها، حتى من حيث المبدأ، لذلك، لا توجد حلول عالمية حقيقية، ولكن هذه فكرة نظرية للغاية ولا نحتاج إلى النظر فيها من أجل أغراض هذا الكتاب).

يجادل بعض الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي بأن الشبكات العصبية الاصطناعية اليوم أصبحت عالمية بالفعل، إذ يمكن تدريب الشبكة العصبية على لعبة غو أو قيادة السيارة، ومع ذلك، لا تستطيع الشبكة العصبية نفسها القيام بالأمرين معاً. يجب أيضاً تعديل الشبكات العصبية وتعديلها بطرق أخرى لحملها على أداء مهمة. عندما أستخدم المصطلحين عالمي أو أغراض عامة، أتخيل شيئاً مثلنا: آلة يمكنها أن تتعلم القيام بالعديد من الأشياء من دون محو ذاكرتها والبدء من جديد.

هناك سببان لانتقال الذكاء الاصطناعي من الحلول المخصصة التي نراها اليوم إلى حلول أكثر عالمية تهيمن على المستقبل: الأول هو السبب نفسه الذي جعل أجهزة الحاسوب العالمية تتفوق على أجهزة الحاسوب المخصصة، إذ تعتبر أجهزة الحاسوب العالمية في نهاية المطاف أكثر فعالية من حيث التكلفة، وهذا أدى إلى مزيد من التقدم السريع في التكنولوجيا. نظراً لاستخدام المزيد والمزيد من الأشخاص لنفس التصميمات، يتم بذل المزيد من الجهد لتحسين التصميمات الأكثر شيوعاً والأنظمة البيئية التي تدعمها، وهذا يؤدي إلى تحسينات سريعة من حيث الكلفة والأداء. كان هذا هو المحرك الأساسي للزيادة الهائلة في قوة الحوسبة التي شكلت الصناعة والمجتمع في الفترة الأخيرة من القرن العشرين. السبب الثاني لانتقال الذكاء الاصطناعي إلى الحلول العالمية هو أن بعض التطبيقات المستقبلية الأكثر أهمية للذكاء الآلي ستتطلب مرونة الحلول الشاملة؛ وستحتاج هذه التطبيقات إلى التعامل مع المشكلات غير المتوقعة وابتكار حلول جديدة بطريقة لا تستطيع آلات التعلم العميق المخصصة لها اليوم تحقيقها.

فكر في نوعين من الروبوتات؛ الأول روبوت يطلي السيارات في مصنع؛ نريد أن تكون روبوتات طلاء السيارات سريعة ودقيقة وغير متغيرة، ولا نريدها أن تُجرب تقنيات الرش الجديدة كل يوم أو تسأل لماذا تطلي السيارات. عندما يتعلق الأمر بطلاء السيارات على خط تجميع، فإن الروبوتات غير الذكية أحادية الغرض هي ما نحتاج إليه. لنفترض الآن أننا نريد إرسال فريق من عمال البناء الآليين إلى المريخ لبناء موطن يصلح لأن يعيش البشر فيه، فهنا، تحتاج هذه الروبوتات إلى استخدام مجموعة متنوعة من الأدوات وتجميع المباني في بيئة غير منظمة، ومن المؤكد أنها ستواجه مشاكل غير متوقعة وستحتاج إلى تحسين الإصلاحات وتعديل التصميمات بشكل تعاوني. يمكن للبشر التعامل مع هذه الأنواع من المشكلات، ولكن لا توجد آلة اليوم قريبة من القيام بأي من هذا، إذ سوف تحتاج الروبوتات التي ستبني في المريخ إلى امتلاك ذكاء للأغراض العامة.

قد تعتقد أن الحاجة إلى آلات ذكية للأغراض العامة ستكون محدودة، وأن معظم تطبيقات الذكاء الاصطناعي ستتم معالجتها بتقنيات مخصصة وحيدة الغرض كما لدينا اليوم. يفكر الناس بالطريقة نفسها عن أجهزة الحاسوب ذات الأغراض العامة، وجادلوا بأن الطلب التجاري على أجهزة الحاسوب ذات الأغراض العامة يقتصر على عدد قليل من التطبيقات عالية القيمة، وقد اتضح أن العكس هو الصحيح، فنظراً للتقلص الهائل في التكلفة والحجم، أصبحت أجهزة الحاسوب ذات الأغراض العامة واحدة من أكبر التقنيات وأكثرها أهمية من الناحية الاقتصادية في القرن الماضي. أعتقد أن الذكاء الاصطناعي للأغراض العامة سيهيمن بالمثل على ذكاء الآلة في الفترة الأخيرة من القرن الحادي والعشرين. في أواخر الأربعينيات وأوائل خمسينيات القرن الماضي، عندما أصبحت أجهزة الحاسوب متاحة تجارياً للمرة الأولى، كان من المستحيل تخيل ما ستكون عليه تطبيقاتها في تسعينيات القرن الماضي ومطلع الألفية الجديدة، واليوم، يواجه خيالنا التحدي نفسه، فلا أحد يعرف كيف سيتم استخدام الآلات الذكية بعد خمسين أو ستين عاماً من الآن.

متى يكون الشيء ذكياً؟

متى يجب أن نعتبر الآلة ذكية؟ هل هناك مجموعة معايير يمكننا استخدامها؟ هذا مشابه لسؤال: متى يكون الجهاز حاسوباً للأغراض العامة؟ للتأهل كجهاز حاسوب للأغراض العامة - أي آلة تورينغ العامة - يحتاج الجهاز إلى مكونات معينة مثل الذاكرة، ووحدة المعالجة المركزية، والبرامج - لا يمكنك اكتشاف هذه المكونات من الخارج - فعلى سبيل المثال، لا يمكنني معرفة ما إذا كانت محمصة الخبز تحتوي في داخلها حاسوباً للأغراض العامة أم شريحة مخصصة. كلما زادت ميزات المحمصة، كلما زادت احتمالية احتوائها على جهاز حاسوب للأغراض العامة، ولكن الطريقة الوحيدة المؤكدة لمعرفة ذلك

هي من خلال النظر إلى الداخل ورؤية ما الذي تحتويها.

بالمثل، للتأهل للذكاء، تحتاج الآلة إلى العمل باستخدام مجموعة من المبادئ، ولا يمكنك اكتشاف ما إذا كان النظام يستخدم هذه المبادئ من خلال مراقبته من الخارج، فعلى سبيل المثال، إذا رأيت سيارة تسير على الطريق السريع، فلا يمكنني معرفة ما إذا كان يقودها إنسان ذكي يتعلم ويتكيف أثناء القيادة أو تُقاد بواسطة وحدة تحكم بسيطة تحافظ على السيارة بين خطين. كلما كان السلوك الذي تظهره السيارة أكثر تعقيداً، كلما زادت احتمالية أن يكون العامل الذكي هو المسيطر، ولكن الطريقة الوحيدة المؤكدة للتوضيح هي من خلال النظر إلى الداخل.

حسناً، هل هناك مجموعة من المعايير يجب توافرها في الآلات لاعتبارها ذكية؟ اعتقد ذلك. اقتراحي لما يوصف بأنه ذكي يعتمد على الدماغ، فكل سمة من السمات الأربع في القائمة التالية هي شيء نعلم أن الدماغ يفعله وأعتقد أن الآلة الذكية يجب أن تفعله أيضاً. سوف أصف ماهية كل سمة، ولماذا هي مهمة، وكيف ينفذها الدماغ، وبالطبع، قد تنفذ الآلات الذكية هذه السمات بشكل مختلف عن الدماغ. على سبيل المثال، لا يجب أن تكون الآلات الذكية مصنوعة من خلايا حية.

لن يتفق الجميع مع اختياري للسمات، إذ يمكن للمرء أن يقدم حجة جيدة بأنني تركت بعض الأشياء المهمة؛ هذا جيد. أرى قائمتي كحد أدنى أو كخط أساس للذكاء الاصطناعي العام. قليلة هي أنظمة الذكاء الاصطناعي التي تمتلك أي من هذه السمات اليوم.

1. التعلم المستمر

ما هذا؟ نحن نتعلم في كل لحظة نكون مستيقظين فيها. إلى متى نتذكر شيئاً يختلف؟ يتم نسيان بعض الأشياء بسرعة، مثل ترتيب الأطباق على الطاولة أو الملابس التي ارتديناها بالأمس، أما أشياء أخرى فستبقى معنا طوال حياتنا. التعلم ليس عملية منفصلة عن الاستشعار والعمل، فنحن نتعلم باستمرار.

لماذا التعليم المستمر مهم؟ بما أن العالم يتغير باستمرار، لذا يجب أن يتعلم نموذجنا للعالم باستمرار ليعكس العالم المتغير، فمعظم أنظمة الذكاء الاصطناعي اليوم لا تتعلم باستمرار، لكنها تخضع لعملية تدريب طويلة، وعندما يكتمل تصبح في متناول الناس، هذا هو أحد الأسباب التي تجعلها غير مرنة، وتتطلب المرونة التكيف المستمر مع الظروف المتغيرة والمعرفة الجديدة.

كيف يفعل الدماغ ذلك؟ أهم عنصر في كيفية تعلم الدماغ بشكل مستمر هو الخلايا العصبية، فعندما تتعلم الخلية العصبية نمطاً جديداً، فإنها تشكل نقاط تشابك عصبية جديدة على فرع التغصنات. لا تؤثر

المشابك العصبية الجديدة على تلك التي تم تعلمها مسبقاً في الفروع الأخرى، وبالتالي، فإن تعلم شيء جديد لا يجبر الخلايا العصبية على نسيان أو تعديل شيء تعلمته سابقاً؛ لا تتمتع الخلايا العصبية الاصطناعية المستخدمة في أنظمة الذكاء الاصطناعي اليوم بهذه القدرة، وهذا هو أحد أسباب عدم تمكنها من التعلم بشكل مستمر.

2. التعلم عن طريق الحركة

ما هذا؟ ماذا يعني أن نتعلم بالحركة؟ بينما نمضي في يومنا هذا، نحرك أجسادنا وأطرافنا وأعيننا، وهذه الحركات جزء لا يتجزأ من كيفية تعلمنا.

لماذا التعلم عن طريق الحركة مهم؟ يتطلب الذكاء تعلم نموذج للعالم. لا يمكننا الشعور بكل شيء في العالم دفعة واحدة؛ لذلك، الحركة مطلوبة للتعلم. لا يمكنك تعلم نموذج لمنزل دون الانتقال من غرفة إلى أخرى، ولا يمكنك تعلم تطبيق جديد على هاتفك الذكي من دون التفاعل معه، يجب ألّا تكون الحركات جسدية، وينطبق مبدأ التعلم عن طريق الحركة أيضاً على مفاهيم مثل الرياضيات والأماكن الافتراضية مثل الإنترنت.

كيف يفعل الدماغ ذلك؟ وحدة المعالجة في القشرة المخية الحديثة هي العمود القشري، فكل عمود هو نظام حسي - حركي كامل - أي يحصل على مدخلات، ويمكنه أن يولّد سلوكيات، فمع كل حركة، يتوقع العمود ما سيكون الإدخال التالي؛ التوقع هو كيف يختبر العمود نموذجه ويحدّثه.

3. العديد من النماذج

ما هذا؟ تتكون القشرة المخية الحديثة من عشرات الآلاف من الأعمدة القشرية، ويتعلم كل عمود نماذج من الأشياء؛ يتم توزيع المعرفة حول أي شيء معين، مثل فنجان القهوة، بين العديد من النماذج التكميلية.

لماذا النماذج مهمة؟ يوفر تصميم النماذج المتعددة للقشرة المخية الحديثة المرونة، فمن خلال اعتماد هذه البنية، يمكن لمصممي الذكاء الاصطناعي بسهولة أن يصنعوا آلات تدمج أنواعاً متعددة من المستشعرات، مثل الرؤية واللمس، أو حتى أجهزة استشعار جديدة مثل الرادار، كذلك يمكنهم صنع آلات لها تجسيدات متنوعة، مثل القشرة المخية الحديثة، فإن «دماغ» الآلة الذكية سيتألف من العديد من العناصر المتطابقة تقريباً، والتي يمكن توصيلها بعد ذلك بمجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار المتحركة.

كيف يفعل الدماغ ذلك؟ إن مفتاح عمل تصميم النماذج المتعددة هو التصويت؛ يعمل كل عمود بشكل مستقل إلى حد ما، لكن الاتصالات طويلة المدى في القشرة المخية الحديثة تسمح للأعمدة بالتصويت على الشيء الذي تستشعره.

4. استخدام الأطر المرجعية لتخزين المعرفة

هل هذا ما يحدث في الدماغ؟ نعم، تُخزن المعرفة في أطر مرجعية، تُستخدم الأُطر المرجعية أيضاً للتوقع، وإنشاء خطط، وتنفيذ الحركات، ويحدث التفكير عندما ينشّط الدماغ موقعاً واحداً في كل مرة في إطار مرجعي ويسترد المعرفة المرتبطة به.

لماذا هو مهم؟ لكي تكون الآلة ذكية، يجب أن تتعلم نموذجاً للعالم، وعلى هذا النموذج أن يتضمّن شكل الأشياء، وكيف تتغير عندما نتفاعل معها، وأين ترتبط ببعضها البعض. هناك حاجة إلى أطر مرجعية لتمثيل هذا النوع من المعلومات؛ الأُطر هي العمود الفقري للمعرفة.

كيف يفعل الدماغ ذلك؟ ينشئ كل عمود قشري مجموعته الخاصة من الأُطر المرجعية، ولقد اقترحنا أن تقوم الأعمدة القشرية بإنشاء أُطر مرجعية باستخدام خلايا مكافئة لخلايا الشبكة وخلايا المكان.

أمثلة عن الأطر المرجعية

معظم الشبكات العصبية الاصطناعية ليس لها ما يعادل الأُطر المرجعية، فعلى سبيل المثال، الشبكة العصبية النموذجية التي تتعرف إلى الصور تضع تسمية لكل صورة، ومن دون أُطر مرجعية، ليس لدى الشبكة أي طريقة لتعلم البنية ثلاثية الأبعاد للكائنات أو كيفية تحركها وتغييرها. إن إحدى المشاكل مع نظام مثل هذا هو أننا لا نستطيع أن نسأل لماذا سُمّيَ شيء ما قطة، فنظام الذكاء الاصطناعي لا يعرف ما هي القطة، ولا توجد معلومات أخرى يمكن الحصول عليها، بخلاف أن هذه الصورة تشبه الصور الأخرى التي تم تصنيفها على أنها «قطة».

تحتوي بعض أشكال الذكاء الاصطناعي على أطر مرجعية، على الرغم من أن طريقة تنفيذها محدودة، فعلى سبيل المثال، الحاسوب الذي يلعب الشطرنج له إطار مرجعي: رقعة الشطرنج، وقد تمت الإشارة إلى المواقع الموجودة على رقعة الشطرنج في التسميات الخاصة بالشطرنج، مثل «king's rook 4» أو «queen 7.» يستخدم حاسوب لعبة الشطرنج هذا الإطار المرجعي لتمثيل موقع كل قطعة، ولتمثيل حركات الشطرنج القانونية، ولتخطيط الحركات. الإطار المرجعي للرقعة هو بطبيعته ثنائي

الأبعاد ويحتوي على أربعة وستين موقعاً فقط. هذا جيد للشطرنج، لكنه غير مفيد لتعلم بنية الدباسات أو سلوك القطط.

عادةً ما تحتوي السيارات ذاتية القيادة على أُطر مرجعية متعددة: الأول هو نظام تحديد المواقع العالمي GPS))، وهو نظام قائم على الأقمار الصناعية يمكنه تحديد موقع السيارة في أي مكان على الأرض، فباستخدام الإطار المرجعي لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، يمكن للسيارة معرفة أماكن الطرق والتقاطعات والمباني. يعد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) إطاراً مرجعياً للأغراض العامة أكثر من لوحة الشطرنج، ولكنه مرتبط بالأرض، وبالتالي، لا يمكن أن يمثل بنية أو شكل الأشياء التي تتحرك بالنسبة إلى الأرض، مثل طائرة ورقية أو دراجة.

اعتاد مصممو الروبوتات على استخدام الأُطر المرجعية، فهم يستخدمونها لتتبع مكان وجود الروبوت في العالم والتخطيط لكيفية انتقاله من مكان إلى آخر. لا يهتم معظم علماء الروبوتات بالذكاء الاصطناعي العام، في حين أن معظم باحثي الذكاء الاصطناعي لا يدركون أهمية الأطر المرجعية. اليوم، يعد الذكاء الاصطناعي والروبوتات مجالين منفصلين للبحث إلى حدّ كبير، على الرغم من أن الخط بدأ يتلاشى. فبمجرد أن يفهم باحثو الذكاء الاصطناعي الدور الأساسي للحركة والأطر المرجعية في إنشاء الذكاء الاصطناعي العام، سيختفي الفصل بين الذكاء الاصطناعي والروبوتات تماماً.

عالم الذكاء الاصطناعي الذي يفهم أهمية الأطر المرجعية هو جيفري هينتون، إذ تعتمد الشبكات العصبية اليوم على الأفكار التي طورها في الثمانينيات. في الآونة الأخيرة، أصبح ناقداً للمجال لأن شبكات التعلم العميق تفتقر إلى أي إحساس بالموقع، وبالتالي، كما يقول، لا يمكنها معرفة بنية العالم. من حيث الجوهر، هذا هو النقد نفسه الذي أقدمه؛ يحتاج الذكاء الاصطناعي إلى أطر مرجعية. اقترح هينتون حلاً لهذه المشكلة أسماه «كبسولات»، وتعد الكبسولات بتحسينات جذرية في الشبكات العصبية، لكنها حتى الآن لم تتأثر بالتطبيقات السائدة للذكاء الاصطناعي. ماذا سيحصل إن نجحت الكبسولات؟ أو ماذا سيحصل إذا اعتمد الذكاء الاصطناعي في المستقبل على آليات تشبه الخلايا الشبكية كما اقترحت؟ علينا أن ننتظر ونرى، ففي كلتا الحالتين، يتطلب الذكاء أطراً مرجعية.

أخيراً، دعونا ننظر إلى الحيوانات؛ تمتلك جميع الثدييات قشرة مخية حديثة، وبالتالي، فهي جميعاً، حسب تعريفي، متعلمة ذكية ولها أغراض عامة. كل قشرة مخية حديثة، كبيرة كانت أم صغيرة، لها أُطر مرجعية للأغراض العامة محددة بواسطة خلايا الشبكة القشرية.

الفأر لديه قشرة مخية صغيرة، لذلك، فإن قدرة ما يمكن أن يتعلمه محدودة مقارنة بالحيوان ذي القشرة المخية الحديثة الأكبر. لكنني أقول إن الفأر ذكي بالطريقة نفسها التي يكون بها الحاسوبُ في

محمصة الخبز آلةَ تورينغ عالميةً؛ فجهاز حاسوب محمصة الخبز هو تنفيذ صغير، لكنه كامل، لفكرة تورينغ، وبالمثل، فإن دماغ الفأر هو تنفيذ صغير ولكنه كامل لسمات التعلم الموضحة في هذا الفصل.

لا يقتصر الذكاء في عالم الحيوان على الثدييات، فعلى سبيل المثال، تتعلم الطيور والأخطبوطات سلوكيات معقدة وتعرضها، ويكاد يكون من المؤكد أن هذه الحيوانات لديها أيضاً أُطر مرجعية في أدمغتها، على الرغم من أنه لا يزال يتعين اكتشاف ما إذا كان لديها شيء مثل الخلايا الشبكية وخلايا المكان أو آلية مختلفة.

توضح هذه الأمثلة أن كل نظام تقريباً يعرض التخطيط والسلوك المعقد الموجه نحو الهدف - سواء أكان جهاز حاسوب للعب الشطرنج أو سيارة ذاتية القيادة أو إنسان - لديه أُطر مرجعية، ويحدد نوع الإطار المرجعي ما يمكن أن يتعلمه النظام. لن يكون الإطار المرجعي المصمم لمهمة معينة، مثل لعب الشطرنج، مفيداً في المجالات الأخرى، إذ يتطلب ذكاء الأغراض العامة أُطراً مرجعية للأغراض العامة يمكن تطبيقها على العديد من أنواع المشكلات.

يجدر التأكيد مرة أخرى على أن الذكاء لا يمكن قياسه بمدى أداء الآلة لمهمة واحدة، أو حتى عدة مهام، فبدلاً من ذلك، يتم تحديد الذكاء من خلال كيفية تعلم الآلة وتخزين المعرفة حول العالم. نحن أذكياء ليس لأننا نستطيع أن نفعل شيئاً واحداً جيداً بشكل خاص، ولكن لأننا نستطيع أن نتعلم فعل أي شيء عملياً. تتطلب المرونة القصوى للذكاء البشري السمات التي عدّدتها وشرحتها في هذا الفصل: التعلم المستمر، والتعلم من خلال الحركة، وتعلم العديد من النماذج، واستخدام الأطر المرجعية للأغراض العامة لتخزين المعرفة وتوليد السلوكيات الموجهة نحو الهدف. في المستقبل، أعتقد أن جميع أشكال ذكاء الآلة تقريباً ستتمتع بهذه السمات، على الرغم من أننا بعيدون جداً عن ذلك اليوم.

هناك مجموعة من الناس ستجادل في أنني قد تجاهلت أهم موضوع يتعلق بالذكاء ألا وهو الوعي؛ سوف أتناول هذا الأمر في الفصل التالي.

الفصل التاسع
عندما تكون الآلات واعية

مؤخراً، حضرت حلقة نقاشية بعنوان «أن تكون إنساناً في عصر الآلات الذكية»، في وقت ما خلال تلك الأمسية، قال أستاذ الفلسفة في جامعة ييل إذا أصبحت الآلة واعية، فربما يصبح لدينا واجب أخلاقي بعدم إيقاف تشغيلها. كان المعنى الضمني هو أنه إذا كان هناك شيء واعٍ، حتى آلة، فإن له حقوقاً أخلاقية، لذا فإن إيقاف تشغيله يعادل القتل. رائع، تخيل أن يتم إرسالك إلى السجن لأنك فصلت الكهرباء عن حاسوب. هل يجب أن نهتم بهذا؟

لا يتحدث معظم علماء الأعصاب كثيراً عن الوعي، فهم يفترضون أنه يمكنهم فهم الدماغ مثل أي نظام فيزيائي آخر، وأن الوعي، مهما يكن، سيشرح بالطريقة نفسها، نظراً لعدم وجود اتفاق على ما تعنيه كلمة «وعي»، فمن الأفضل عدم القلق بشأنه.

من ناحية أخرى، يحب الفلاسفة التحدث ـ وكتابة الكتب ـ عن الوعي، فيعتقد البعض أن الوعي يتجاوز الوصف المادي، أي حتى لو كان لديك فهم كامل لكيفية عمل الدماغ، فلن يفسر ذلك الوعي. ادعى الفيلسوف ديفيد تشالمرز أن الوعي هو «المشكلة الصعبة»، في حين أن فهم كيفية عمل الدماغ هو «المشكلة السهلة». لقد شاعت هذه العبارة، والآن يفترض كثيرون أن الوعي مشكلة بطبيعتها غير قابلة للحل.

أنا شخصياً، لا أرى سبباً للاعتقاد بأن الوعي لا يمكن تفسيره، لا أريد الدخول في سجالات مع الفلاسفة، ولا أريد أيضاً محاولة وضع تعريف للوعي.

مع ذلك، فإن نظرية الألف دماغ تقترح تفسيرات مادية للعديد من جوانب الوعي، على سبيل المثال، الطريقة التي يتعلم بها الدماغ نماذج من العالم مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بإحساسنا بالذات وكيفية تشكيلنا المعتقدات.

ما أريد القيام به في هذا الفصل هو وصف ما تقوله نظرية الدماغ عن بعض جوانب الوعي،

وسألتزم بما نعرفه عن الدماغ، وأدعك تقرر ما إذا كان هناك أي شيء يجب شرحه.

وعي

تخيل إن كنت أستطيع إعادة ضبط دماغك إلى الحالة التي كان عليها بالضبط عندما استيقظت هذا الصباح؛ قبل أن أعيد ضبط دماغك، كنت تستيقظ وتقوم بما تقوم به، وتفعل الأشياء التي تفعلها عادةً، فربما في هذا اليوم غسلت سيارتك. في وقت العشاء، سأعيد ضبط دماغك على الوقت الذي استيقظت فيه، والتراجع عن أي تغييرات - بما في ذلك أي تغييرات على نقاط الاشتباك العصبي - التي حدثت خلال النهار، لذلك، ستمحى ذكريات ما فعلته. بعد أن أعيد ضبط دماغك، كنت ستصدق أنك استيقظت للتو، وإذا أخبرتك بعد ذلك أنك غسلت سيارتك اليوم، فستحتج في البداية، مدعياً أن ذلك غير صحيح، وعند عرض مقطع فيديو لك وأنت تغسل سيارتك، قد تعترف أنك فعلت ذلك، لكنك لم تكن واعياً في ذلك الوقت، وقد تدعي أيضاً أنه لا ينبغي تحميلك المسؤولية عن أي شيء فعلته خلال اليوم، لأنك لم تكن واعياً. بالطبع، كنت واعياً عندما غسلت سيارتك، فقط بعد حذف ذكرياتك عن اليوم ستدعي أنك لم تكن كذلك. تُظهر هذه التجربة الفكرية أن إحساسنا بالوعي - ما يسميه كثير من الناس بالوعي - يتطلب أن نشكل ذكريات لحظة بلحظة عن أفعالنا.

يتطلب الوعي أيضاً أن نشكل ذكريات من لحظة إلى لحظة لأفكارنا. تذكر أن التفكير هو مجرد تنشيط متسلسل للخلايا العصبية في الدماغ، إذ يمكننا أن نتذكر سلسلة من الأفكار تماماً كما نتذكر تسلسل الملاحظات في اللحن، وإذا لم نتذكر أفكارنا، فلن نكون مدركين لسبب قيامنا بأي شيء. على سبيل المثال، لقد جربنا جميعاً الذهاب إلى غرفة في منزلنا للقيام بشيء ما، ولكن عند دخول الغرفة، ننسى ما ذهبنا من أجله، فعندما يحدث هذا، غالباً ما نسأل أنفسنا: «أين كنت قبل وصولي إلى هنا، وما الذي كنت أفكر فيه؟» محاولين أن نتذكر ذكرى أفكارنا الأخيرة حتى نعرف لماذا نقف الآن في المطبخ.

عندما تعمل أدمغتنا بشكل صحيح، تشكّل الخلايا العصبية ذاكرة مستمرة لكل من أفكارنا وأفعالنا، لذلك، عندما نصل إلى المطبخ، يمكننا أن نتذكر الأفكار التي كانت لدينا من قبل، فنسترجع الذاكرة المخزنة مؤخراً للتفكير في تناول آخر قطعة من الكعكة في الثلاجة ونعرف سبب ذهابنا إلى المطبخ.

تمثل الخلايا العصبية النشطة في الدماغ في بعض اللحظات تجربتنا الحالية، وفي لحظات أخرى تمثل تجربة سابقة أو فكرة سابقة؛ إنها إمكانية الوصول إلى الماضي - القدرة على القفز إلى الوراء والانزلاق إلى الأمام مرة أخرى إلى الحاضر - التي تمنحنا إحساسنا بالحضور والوعي. فإذا لم نتمكن من إعادة عرض أفكارنا وتجاربنا الأخيرة، فلن نكون على دراية بأننا على قيد الحياة.

ذكرياتنا اللحظية ليست دائمة، فعادة ننساها في غضون ساعات أو أيام، فأنا أتذكر ما تناولته على الفطور اليوم، لكنني سأفقد هذه الذكرى في غضون يوم أو يومين. من الشائع أن قدرتنا على تكوين ذكريات قصيرة المدى تتضاءل مع تقدم العمر، ولهذا السبب لدينا المزيد والمزيد من «لماذا أتيت إلى هنا؟».

تثبت هذه التجارب الفكرية أن وعينا، وإحساسنا بالوجود - الذي هو الجزء المركزي من الوعي - يعتمدان على تكوين ذكريات مستمرة لأفكارنا وخبراتنا الحديثة، وإعادة تشغيلها مع استمرارنا في يومنا هذا.

لنفترض الآن أننا أنشأنا آلة ذكية؛ تتعلم هذه الآلة نموذجاً عن العالم باستخدام نفس مبادئ الدماغ، فالحالات الداخلية لنموذج الآلة للعالم معادلة لحالات الخلايا العصبية في الدماغ؛ إذا تذكرت آلتنا هذه الحالات عند حدوثها واستطاعت إعادة هذه الذكريات، فهل ستدرك وجودها وتعيها، مثلك ومثلي؟ أنا أعتقد هذا.

إذا كنت تعتقد أن الوعي لا يمكن تفسيره من خلال البحث العلمي وقوانين الفيزياء المعروفة، فقد تجادل بأنني قد أظهرت أن تخزين وتذكر حالات الدماغ أمران ضروريّان، لكنني لم أثبت أن ذلك كافٍ. فإذا أخذت هذا الرأي، فالحِمل يقع على عاتقك لتبيان سبب عدم كفايتها.

بالنسبة إليّ، الإحساس بالوعي - الإحساس بالوجود، والشعور بأنني عامل فاعل في العالم - هو جوهر ما يعنيه أن تكون واعياً. يمكن تفسيره بسهولة من خلال نشاط الخلايا العصبية، ولا أرى أي غموض فيه.

الكواليا

تبدو الألياف العصبية التي تدخل الدماغ من العينين والأذنين والجلد متشابهة، فهي لا تبدو متطابقة فحسب، بل تنقل المعلومات باستخدام السبلات متطابقة المظهر، فإذا نظرت إلى المدخلات إلى الدماغ، لا يمكنك تمييز ما تمثله، ومع ذلك، فإن الرؤية تبدو وكأنها شيء واحد والسمع يبدو وكأنه شيء مختلف، ولا يشبه أي منهما السبلات. عندما تنظر إلى مشهد طبيعي، فأنت لا تشعر بالسبلات الكهربائية التي تدخل دماغك؛ ترى التلال والألوان والظلال.

الكواليا هو اسم طريقة إدراك المدخلات الحسية وكيف تشعر. بالنظر إلى أن جميع الأحاسيس تنشأ عن سبلات متطابقة، فلماذا تبدو الرؤية مختلفة عن اللمس؟ ولماذا تؤدي بعض سبلات المدخلات إلى الإحساس بالألم ولا يؤدي بعضها الآخر إلى ذلك؟ قد تبدو هذه أسئلة سخيفة، ولكن إذا تخيلت أن الدماغ

يقبع في الجمجمة وأن مدخلاته مجرد سبلات، فيمكنك عندئذٍ فهم الغموض. من أين تأتي أحاسيسنا المتصورة؟ يعتبر أصل الكواليا أحد أسرار الوعي.

الكواليا جزء من نموذج الدماغ للعالم

الكواليا هي ذاتية، وهذا يعني أنها عبارة عن تجارب داخلية. على سبيل المثال، أعرف ما هو طعم المخلل بالنسبة إليّ، لكن لا يمكنني معرفة ما إذا كان طعم المخلل هو نفسه بالنسبة إليك، فحتى لو استخدمنا الكلمات نفسها لوصف طعم المخلل، فلا يزال من الممكن أن نرى المخللات بشكل مختلف. في بعض الأحيان نعلم في الواقع أن المدخلات نفسها ينظر إليها بشكل مختلف من قبل أشخاص مختلفين، ومن الأمثلة الشهيرة الحديثة على ذلك صورة لباس يرى البعض أنه أبيض وذهبي بينما يرى آخرون أنه أسود وأزرق؛ يمكن أن ينتج عن الصورة نفسها تصورات مختلفة للون، ما يوضّح لنا أن جودة اللون ليست خاصية خالصة للعالم المادي، فإذا كان الأمر كذلك، فسنقول جميعاً إن الفستان له اللون نفسه؛ لون الفستان هو خاصية لنموذج دماغنا للعالم؛ إذا رأى شخصان المدخلات نفسها بشكل مختلف، فهذا يخبرنا أن نموذجهما مختلف.

توجد محطة إطفاء بالقرب من منزلي حيث تركن شاحنة إطفاء حمراء خارج الممر، يظهر سطح الشاحنة دائماً باللون الأحمر، على الرغم من اختلاف تواتر وشدة الضوء المنعكس عنها. يتغير الضوء مع زاوية الشمس والطقس واتجاه الشاحنة في الممر، ومع ذلك فأنا لا أتصور أن لون الشاحنة يتغير، ما يدلّ على أنه لا يوجد تطابق واحد بين ما نعتبره أحمرَ وتردداً معيناً للضوء. يرتبط اللون الأحمر بترددات معينة للضوء، لكن ما نراه على أنه أحمر لا يكون دائماً التردد نفسه. احمرار شاحنة الإطفاء هو من صنع الدماغ؛ إنه خاصية لنموذج الدماغ للأسطح، وليس خاصية الضوء في حد ذاته.

يتم تعلم بعض الكواليا من خلال الحركات، على غرار الطريقة التي نتعلم فيها عن الأشياء

إذا كانت الكواليا إحدى خصائص نموذج الدماغ عن العالم، فكيف يصنعها الدماغ؟ تذكر أن الدماغ يتعلم نماذج من العالم بالحركة؛ فلمعرفة شكل فنجان القهوة، يجب عليك تحريك أصابعك فوق فنجان القهوة، ولمسه في مواقع مختلفة.

يتم تعلم بعض الكواليا بطريقة مماثلة، عن طريق الحركة؛ تخيل أنك تمسك بقطعة ورق خضراء في يدك، عندما تنظر إليها، تحركها، تنظر أولاً إلى الورقة مباشرة، ثم تقوم بذلك من الزاوية اليسرى، ثم

اليمنى، ثم من الأعلى، ثم من الأسفل. عندما تقوم بتغيير زاوية الورقة، يتغير تواتر وشدة الضوء الذي يدخل عينيك، وبالتالي يتغير أيضاً نمط التموجات التي تدخل دماغك. فأثناء قيامك بتحريك شيء ما، مثل قطعة الورق الخضراء، يتوقع دماغك الطريقة التي يتغير فيها الضوء. يمكننا أن نكون على يقين من حدوث هذا التوقع، لأنه إذا لم يتغير الضوء أو تغير بشكل مختلف عن المعتاد أثناء تحريك الورقة، فستلاحظ أن هناك خطأً ما، هذا لأن الدماغ لديه نماذج لكيفية عكس الأسطح للضوء في زوايا مختلفة. هناك نماذج مختلفة لأنواع مختلفة من الأسطح، قد نطلق على نموذج أحد السطحين «الأخضر» والآخر «الأحمر».

كيف يمكن تعلم نموذج لون السطح؟ تخيل أن لدينا إطاراً مرجعياً للأسطح التي نسميها باللون الأخضر، يختلف الإطار المرجعي للأخضر عن الإطار المرجعي لشيء ما، مثل فنجان القهوة، بطريقة واحدة مهمة: يمثل الإطار المرجعي للفنجان مدخلات محسوسة في مواقع مختلفة على الفنجان، ويمثل الإطار المرجعي للسطح الأخضر مدخلات محسوسة في اتجاهات مختلفة للسطح. قد تجد صعوبة في تخيل إطار مرجعي يمثل التوجهات، ولكن من وجهة نظر نظرية، يتشابه نوعا الأُطر المرجعية. يمكن للآلية الأساسية نفسها التي يستخدمها الدماغ لتعلم نماذج من فناجين القهوة أن تتعلم أيضاً نماذج من الألوان.

من دون أدلة إضافية، لا أعرف إن كانت جودة اللون تشكلت فعلياً بهذه الطريقة. أذكر هذا المثال لأنه يُظهر أنه من الممكن بناء نظريات قابلة للاختبار وتفسيرات عصبية لكيفية تعلمنا للكواليا وتجربتها. إنه يوضح أن الكواليا قد لا تقع خارج نطاق التفسير العلمي العادي، كما يعتقد بعض الناس.

لم يتم تعلم كل الكواليا؛ على سبيل المثال، من شبه المؤكد أن الشعور بالألم فطري، تتوسطه مستقبلات الألم الخاصة وهياكل الدماغ القديمة، وليس القشرة المخية الحديثة، فإذا لمست موقداً ساخناً، فستتراجع ذراعك من الألم قبل أن تعرف القشرة المخية الحديثة ما يحدث، لذلك، لا يمكن فهم الألم بالطريقة نفسها التي نفهم فيها اللون الأخضر، والذي أقترح تعلمه في القشرة المخية الحديثة.

عندما نشعر بالألم، يكون «بالخارج» في مكان ما من أجسادنا؛ الموقع جزء من نوعية الألم، ولدينا تفسير قوي لسبب إدراكه في مواقع مختلفة، لكن ليس لديّ تفسير لماذا الألم يؤلم، أو لماذا يشعرنا بالطريقة التي نشعر بها وليس بطريقة أخرى. هذا لا يزعجني بأي شكل من الأشكال؛ هناك العديد من الأشياء التي لم نفهمها بعد بشأن الدماغ، ولكن التقدم المطرد الذي أحرزناه يمنحني الثقة في أنه يمكن فهم هذه القضايا وغيرها من القضايا المتعلقة بالكواليا في المسار الطبيعي لأبحاث علم الأعصاب واكتشافه.

علم الأعصاب الخاص بالوعي

هناك علماء أعصاب يدرسون الوعي؛ في أحد طرفي الطيف هناك علماء أعصاب يعتقدون أنه من المرجح أن يتجاوز الوعي التفسير العلمي العادي، فهم يدرسون الدماغ للبحث عن النشاط العصبي المرتبط بالوعي، لكنهم لا يعتقدون أن النشاط العصبي يمكن أن يفسر ذلك. إنهم يقترحون أنه ربما لا يمكن فهم الوعي أبداً، أو ربما يُنشئ من خلال التأثيرات الكمية أو قوانين الفيزياء غير المكتشفة؛ شخصياً، لا أستطيع أن أفهم وجهة النظر هذه. لماذا نفترض يوماً أن شيئاً ما لا يمكن فهمه؟ أظهر التاريخ الطويل للاكتشافات البشرية مراراً وتكراراً أن الأشياء التي تبدو للوهلة الأولى عصية على الفهم لها في النهاية تفسيرات منطقية. إذا قدم أحد العلماء ادعاءً استثنائياً بأن الوعي لا يمكن تفسيره بالنشاط العصبي، فيجب أن نكون متشككين، ويجب أن يتحمل عبء إثبات العكس.

يدرس علماء أعصاب آخرون الوعي ويعتقدون أنه يمكن فهمه مثل أي ظاهرة فيزيائية أخرى، ويجادلون بأنه إذا بدا الوعي غامضاً، فذلك لأننا لم نفهم آلياته بعد، وربما لا نفكر في المشكلة بشكل صحيح. أنا وزملائي موجودون بشكل مباشر في هذا المعسكر، وكذلك عالم الأعصاب في جامعة برنستون مايكل غرازيانو الذي اقترح أن هناك منطقة معينة من نماذج القشرة المخية الحديثة مخصصة للوعي، على غرار وجود مناطق من القشرة المخية الحديثة مخصصة لنموذج الجسم. إنه يقترح أن نموذج وعي الدماغ يقودنا إلى الاعتقاد بأننا واعين، بالطريقة نفسها التي يقودنا بها نموذج الدماغ للجسد إلى الاعتقاد بأن لدينا ذراعاً أو ساقاً. لا أعرف ما إذا كانت نظرية غرازيانو صحيحة، لكنها تمثل بالنسبة إليّ النهج الصحيح. لاحظ أن نظريته تستند إلى تعلم القشرة المخية الحديثة نموذجاً للوعي، وإذا كان محقاً، فسأراهن على أن هذا النموذج مبني باستخدام أُطر مرجعية تشبه خلية الشبكة.

وعي الآلة

إذا كان صحيحاً أن الوعي مجرد ظاهرة فيزيائية، فما الذي يجب أن نتوقعه من الآلات الذكية الواعية؟ ليس لديّ شك في أن الآلات التي تعمل وفق مبادئ الدماغ نفسها ستكون واعية. لا تعمل أنظمة الذكاء الاصطناعي بهذه الطريقة اليوم، لكنها ستعمل في المستقبل، وستكون واعية، كما ليس لديّ شك أيضاً في أن العديد من الحيوانات، وخاصة الثدييات الأخرى، واعية أيضاً؛ ليس عليها إخبارنا حتى نعرف؛ يمكننا القول إنها واعية من خلال رؤية أن أدمغتها تعمل بشكل مشابه لأدمغتنا.

هل لدينا التزام أخلاقي بعدم إيقاف تشغيل آلة واعية؟ هل هذا يعادل القتل؟ لا، ليس لديّ أي مخاوف بشأن فصل آلة واعية. أولاً، ضع في اعتبارك أننا نحن البشر نتوقف عن العمل كل ليلة عندما

نذهب إلى النوم، ثم يعاد تشغيلنا عندما نستيقظ، وهذا برأيي لا يختلف عن فصل آلة واعية وتوصيلها مرة أخرى لاحقاً.

ماذا عن تدمير آلة ذكية عند فصلها، أو عدم توصيلها مجدداً؟ ألن يكون ذلك أقرب إلى قتل إنسان وهو نائم؟ الجواب لا.

خوفنا من الموت ناتج عن الأجزاء القديمة من دماغنا، فإذا اكتشفنا موقفاً يهدد الحياة، فإن الدماغ القديم يوجِد إحساساً بالخوف ونبدأ التصرف بطرق أكثر انعكاساً؛ عندما نفقد شخصاً قريباً منا، فإننا نشعر بالحزن. تنشأ المخاوف والعواطف عن طريق الخلايا العصبية في الدماغ القديم عندما تفرز الهرمونات والمواد الكيميائية الأخرى في الجسم. قد تساعد القشرة المخية الحديثة الدماغ القديم في تحديد موعد إطلاق هذه المواد الكيميائية، لكن من دون الدماغ القديم لن نشعر بالخوف أو الحزن. الخوف من الموت والحزن على الخسارة ليسا من المكونات المطلوبة لكي تكون الآلة واعية أو ذكية. ما لم نبذل قصارى جهدنا لإعطاء الآلات مخاوف ومشاعر مكافئة، فلن تهتم على الإطلاق إذا تم إغلاقها أو تفكيكها أو التخلص منها.

من الممكن أن يصبح الإنسان مرتبطاً بآلة ذكية؛ ربما تشاركا العديد من التجارب، وهذا ما يجعل الإنسان يشعر بعلاقة شخصية معها. في هذه الحالة، يتعين علينا النظر في الضرر الذي يلحق بالإنسان إذا أوقفنا تشغيل الجهاز، لكن لن يكون هناك التزام أخلاقي تجاه الآلة الذكية نفسها. إذا بذلنا قصارى جهدنا لإعطاء الآلات الذكية مخاوف وعواطف، فسأتخذ موقفاً مختلفاً، لكن الذكاء والوعي بمفردهما لا يُحدثان هذا النوع من المعضلة الأخلاقية.

سر الحياة وسر الوعي

منذ وقت ليس ببعيد، كان السؤال «ما هي الحياة؟» غامضاً مثل «ما هو الوعي؟»، وقد بدا من المستحيل تفسير سبب بقاء بعض أجزاء المادة على قيد الحياة وعدم وجود أجزاء أخرى. بالنسبة إلى كثير من الناس، بدا هذا اللغز أبعد من التفسير العلمي، ففي العام 1907، قدم الفيلسوف هنري بيرغسون شيئاً غامضاً أسماه الإيلان الحيوية لشرح الفرق بين الأشياء الحية وغير الحية. وفقاً لبيرغسون، أصبحت المادة غير الحية مادة حية مع إضافة الإيلان الحيوية. الأهم من ذلك، أن الإيلان الحيوية لم تكن مادية ولا يمكن فهمها من خلال الدراسة العلمية العادية.

مع اكتشاف الجينات والحمض النووي ومجال الكيمياء الحيوية بأكمله، لم نعد ننظر إلى المادة الحية على أنها غير قابلة للتفسير. لا يزال هناك العديد من الأسئلة التي لم تتم الإجابة عنها حول الحياة،

مثل كيف بدأت؟ وهل هي شائعة في الكون؟ وهل الفيروس كائن حي؟ وهل يمكن للحياة أن توجد باستخدام جزيئات وكيمياء مختلفة؟ لكن هذه الأسئلة، والنقاشات التي تحدثها، هي على حافة الهاوية، ولم يعد العلماء يناقشون ما إذا كانت الحياة قابلة للتفسير. في مرحلة ما أصبح من الواضح أن الحياة يمكن فهمها على أنها بيولوجيا وكيمياء؛ أصبحت مفاهيم مثل الإيلان الحيوية جزءاً من التاريخ.

أتوقع أن تغييراً مشابهاً في الموقف سيحدث بالنسبة إلى الوعي. في مرحلة ما في المستقبل، سنقبل أن أي نظام يتعلم نموذجاً للعالم، ويتذكر باستمرار حالات هذا النموذج، ويتذكر الحالات التي يتم تذكرها، سيكون نظاماً واعياً. ستكون هناك أسئلة متبقية بلا إجابة، لكن لن يتم الحديث عن الوعي على أنه «المشكلة الصعبة»، لن يتم اعتبارها مشكلة.

الفصل العاشر
مستقبل الذكاء الآلي

ما من شيء ذكي في ما نسميه اليوم الذكاء الاصطناعي؛ لا توجد آلة تعرض قدرات النمذجة المرنة التي وصفتها في الفصول السابقة من هذا الكتاب. مع ذلك، لا توجد أسباب تقنية تمنعنا من إنشاء آلات ذكية. كانت العقبات تتمثل في عدم فهم ماهية الذكاء، وعدم معرفة الآليات اللازمة لإنشائه. من خلال دراسة كيفية عمل الدماغ، أحرزنا تقدماً كبيراً في معالجة هذه المشكلات. وكما يبدو لي أنه لا مفر من التغلب على أي عقبات متبقية حتى ندخل عصر الذكاء الآلي في هذا القرن، ربما في العقدين أو الثلاثة عقود القادمة.

سيغير الذكاء الآلي حياتنا ومجتمعنا؛ أعتقد أنه سيكون له تأثير أكبر على القرن الحادي والعشرين أكثر من تأثير الحوسبة في القرن العشرين. لكن، كما هو الحال مع معظم التقنيات الجديدة، فمن المستحيل معرفة كيفية حدوث هذا التحول بالضبط. يشير التاريخ إلى أننا لا نستطيع توقع التطورات التكنولوجية التي ستدفع الذكاء الآلي إلى الأمام؛ فكّر في الابتكارات التي أدت إلى تسريع الحوسبة، مثل الدائرة المتكاملة، وذاكرة الحالة الصلبة، والاتصالات اللاسلكية الخلوية، وتشفير المفتاح العام، والإنترنت. لم قع أحد في العام 1950 هذه التطورات والعديد من التطورات الأخرى، وبالمثل، لم يتوقع أحد كيف ستحول أجهزة الحاسوب وسائل الإعلام والاتصالات والتجارة. أعتقد أننا جاهلون بالمثل اليوم بشأن الشكل الذي ستبدو عليه الآلات الذكية وكيف سنستخدمها بعد سبعين عاماً من الآن.

على الرغم من أننا لا نستطيع معرفة تفاصيل المستقبل، إلا أن نظرية الألف دماغ يمكن أن تساعدنا في تحديد الحدود. إن فهم كيفية إنشاء الدماغ للذكاء يخبرنا عن الأشياء الممكنة، والأشياء غير المحتملة، ويخبرنا إلى حد ما عن التطورات المحتملة؛ وهذا هو الهدف من هذا الفصل.

لن تكون الآلات الذكية مثل البشر

أهم شيء يجب مراعاته عند التفكير في الذكاء الآلي هو التقسيم الرئيسي للدماغ الذي ناقشته في الفصل الثاني: الدماغ القديم مقابل الدماغ الجديد. تذكر أن الأجزاء القديمة من دماغ الإنسان تتحكم في الوظائف الأساسية للحياة. فهي تُوجِدُ مشاعرنا، ورغباتنا في البقاء على قيد الحياة والإنجاب، وسلوكياتنا الفطرية. عند إنشاء آلات ذكية، لا يوجد سبب يدعو إلى تكرار جميع وظائف الدماغ البشري، فالدماغ الجديد ـ القشرة المخية الحديثة ـ هو عضو الذكاء، لذلك تحتاج الآلات الذكية إلى شيء مكافئ لها. عندما يتعلق الأمر ببقية الدماغ، يمكننا اختيار الأجزاء التي نريدها والأجزاء التي لا نريدها.

الذكاء هو قدرة النظام على تعلم نموذج للعالم، ومع ذلك، فإن النموذج الناتج في حدّ ذاته لا قيمة له، وبلا عاطفة، وليس له أهداف. يتم توفير الأهداف والقيم من خلال أي نظام يستخدم النموذج، فهو مشابه للطريقة التي عمل بها المستكشفون من القرن السادس عشر إلى القرن العشرين لإنشاء خريطة دقيقة للأرض. قد يستخدم قائد عسكري عديم الرحمة الخريطة لتخطيط أفضل طريقة لمحاصرة وقتل جيش معارض، ويمكن للمتداول استخدام نفس الخريطة بالضبط لتبادل السلع بشكل سلمي؛ الخريطة نفسها لا تملي هذه الاستخدامات، ولا تنقل أي قيمة لكيفية استخدامها، فهي مجرد خريطة، ليست قاتلة ولا سلمية. بالطبع، تختلف الخرائط في التفاصيل وفي ما تغطيه؛ لذلك، قد تكون بعض الخرائط أفضل للحرب والبعض الآخر أفضل للتجارة، لكن الرغبة في شن حرب أو المتاجرة تأتي من الشخص الذي يستخدم الخريطة.

بالمثل، تتعلم القشرة المخية الحديثة نموذجاً للعالم، والذي ليس له في حد ذاته أهداف أو قيم. يتم تحديد المشاعر التي توجه سلوكياتنا من قبل الدماغ القديم، فإذا كان دماغ الإنسان القديم عدوانياً، فسيستخدم النموذج الموجود في القشرة المخية الحديثة لتنفيذ السلوك العدواني بشكل أفضل، وإذا كان الدماغ القديم لشخص آخر خيراً، فسيستخدم النموذج الموجود في القشرة المخية الحديثة لتحقيق أهدافه الخَيّرة بشكل أفضل. كما هو الحال مع الخرائط، قد يكون نموذج شخص واحد للعالم أكثر ملاءمة لمجموعة معينة من الأهداف، لكن القشرة المخية الحديثة لا توجِد الأهداف.

تحتاج الآلات الذكية إلى نموذج للعالم ومرونة السلوك التي تأتي من هذا النموذج، لكنها لا تحتاج إلى غرائز شبيهة بما لدى الإنسان للبقاء والإنجاب. في الواقع، فإن تصميم آلة بحيث يكون لها عواطف شبيهة بالبشر أصعب بكثير من تصميم شخص ما ليكون ذكياً، لأن الدماغ القديم يتكون من أقسام عديدة، مثل اللوزة والوطاء، ولكل منها تصميمه الخاص ووظيفته. ولصنع آلة ذات مشاعر شبيهة بالإنسان، علينا إعادة تكوين الأجزاء المتنوعة من الدماغ القديم. على الرغم من أن القشرة المخية الحديثة أكبر بكثير من الدماغ القديم، إلا أنها تتكون من عدة نسخ من عنصر صغير نسبياً، وهو العمود القشري. بمجرد أن نعرف كيفية بناء عمود قشري واحد، سيكون من السهل نسبياً وضع الكثير منه في آلة لجعلها أكثر ذكاءً.

يمكن تقسيم وصفة تصميم آلة ذكية إلى ثلاثة أقسام: التجسيد، المعادل من الدماغ القديم، والقشرة المخية الحديثة. هناك الكثير من خطوط العرض في كل من هذه المكونات، وبالتالي، سيكون هناك العديد من أنواع الآلات الذكية.

1. التجسيد

كما وصفت سابقاً، نتعلم من خلال الانتقال؛ لكي نتعلم نموذجاً لمبنى ما، يجب أن نتجول فيه، ونتنقل من غرفة إلى أخرى، ولتعلم أداة جديدة، يجب أن نمسكها في أيدينا، ونديرها بهذه الطريقة وتلك، وننظر إلى أجزاء مختلفة ونعالجها بأصابعنا وأعيننا. على المستوى الأساسي، لتعلم نموذج للعالم يتطلب تحريك واحد أو أكثر من أجهزة الاستشعار بالنسبة إلى الأشياء الموجودة في العالم.

تحتاج الآلات الذكية أيضاً إلى أجهزة استشعار والقدرة على تحريكها؛ يشار إلى هذا على أنه تجسيد. يمكن أن يكون التجسيد إنساناً آلياً أو كلباً أو ثعباناً، ويمكن أن يتخذ النموذج أشكالاً غير بيولوجية، مثل سيارة أو روبوت مصنع، كما يمكن أن يكون التجسيد افتراضياً، مثل روبوت يستكشف الإنترنت. قد تبدو فكرة الجسم الافتراضي غريبة؛ الشرط هو أن النظام الذكي يمكنه تنفيذ الإجراءات التي تغير مواقع أجهزة الاستشعار الخاصة به، ولكن يجب ألّا تكون الإجراءات والمواقع مادية. عندما تتصفح الويب، تنتقل من موقع إلى آخر، ويتغير ما تشعر به مع كل موقع ويب جديد، ونحن نفعل ذلك عن طريق تحريك الفأرة جسدياً أو لمس الشاشة، ولكن يمكن للآلة الذكية أن تفعل الشيء نفسه فقط باستخدام البرامج، دون أي حركات جسدية، إذ إن معظم شبكات التعلم العميق اليوم ليس لديها تجسيد، بمعنى أنها لا تمتلك أجهزة استشعار متحركة ولا أُطراً مرجعية لمعرفة مكان أجهزة الاستشعار؛ بدون تجسيد، ما يمكن تعلمه محدود جداً.

أنواع المستشعرات التي يمكن استخدامها في آلة ذكية لا حدود لها تقريباً؛ حواس الإنسان الأساسية هي الرؤية واللمس والسمع؛ الخفافيش لها سونار، وبعض الأسماك لديها حواس تنبعث منها مجالات كهربائية. بالنسبة إلى الرؤية، هناك عيون بها عدسات – مثلنا - وعيون مركبة، وعيون ترى الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة فوق البنفسجية. من السهل تخيل أنواع جديدة من أجهزة الاستشعار مصممة لمشاكل معينة؛ على سبيل المثال، الروبوت القادر على إنقاذ الناس في المباني المنهارة قد يمتلك مستشعرات رادار حتى يتمكن من الرؤية في الظلام.

تتحقق رؤية الإنسان واللمس والسمع لديه من خلال مصفوفات من أجهزة الاستشعار. على سبيل المثال، العين ليست مستشعراً واحداً، بل هي تحتوي على آلاف من أجهزة الاستشعار مصفوفة في الجزء

الخلفي من العين. وبالمثل، يحتوي الجسم على آلاف المستشعرات الموضوعة على الجلد؛ ستحتوي الآلات الذكية أيضاً على مصفوفات حسية. تخيل لو كان لديك إصبع واحد فقط للمس، أو يمكنك فقط النظر إلى العالم من خلال قشة ضيقة، فستظل قادراً على التعرف إلى العالم، لكن الأمر سيستغرق وقتاً أطول، وستكون الإجراءات التي يمكنك القيام بها محدودة. يمكنني أن أتخيل آلات ذكية بسيطة ذات قدرات محدودة لديها عدد قليل من أجهزة الاستشعار، ولكن الآلة التي تقترب من الذكاء البشري أو تتجاوزه سيكون لديها مصفوفات حسية كبيرة مثلنا تماماً...

يختلف الشم والذوق نوعيّاً عن الرؤية واللمس؛ ما لم نضع أنوفنا مباشرة على الأسطح، كما تفعل الكلاب، فمن الصعب تحديد مكان الرائحة بكل دقة، وأيضاً يقتصر التذوق على استشعار الأشياء في الفم. تساعدنا الرائحة والمذاق في تحديد الأطعمة الآمنة للأكل، وقد تساعدنا الرائحة في تحديد المنطقة العامة، لكننا لا نعتمد عليها كثيراً لتعلم الهيكل التفصيلي للعالم، هذا لأنه لا يمكننا بسهولة ربط الروائح والمذاقات بمواقع محددة؛ هذا ليس قيداً متأصلاً في هذه الحواس. على سبيل المثال، يمكن أن تحتوي الآلة الذكية على مصفوفات من أجهزة استشعار كيميائية تشبه الذوق على سطح جسمها، وهذا ما يسمح للآلة «بالإحساس» بالمواد الكيميائية بالطريقة نفسها التي نشعر بها أنا وأنت.

وضع الصوت مختلف من خلال استخدام أذنين والاستفادة من كيفية ارتداد الصوت عن أذننا الخارجية، يمكن لأدمغتنا تحديد موقع الأصوات بشكل أفضل بكثير مما يمكنها تحديد الرائحة أو التذوق، ولكن ليس كذلك من خلال الرؤية واللمس.

النقطة المهمة هي أنه لكي تتعلم الآلة الذكية نموذجاً للعالم، فإنها تحتاج إلى مدخلات حسية يمكن نقلها، إذ يجب ربط كل مستشعر فردي بإطار مرجعي يتتبع موقع المستشعر بالنسبة إلى الأشياء الموجودة في العالم. هناك العديد من أنواع المستشعرات المختلفة التي يمكن أن تمتلكها آلة ذكية. تعتمد أفضل المستشعرات لأي تطبيق معين على نوع العالم الذي توجد فيه الآلة وما نأمل أن تتعلمه الآلة.

في المستقبل، قد نبني آلات ذات تجسيدات غير عادية. على سبيل المثال، تخيل جهازاً ذكياً موجوداً داخل الخلايا الفردية ويفهم البروتينات؛ البروتينات هي جزيئات طويلة تنثني بشكل طبيعي إلى أشكال معقدة؛ شكل جزيء البروتين يحدد ما يفعله. ستكون هناك فوائد هائلة للطب إذا تمكنا من فهم شكل البروتينات بشكل أفضل والتعامل معها حسب الحاجة، لكن أدمغتنا ليست جيدة جداً في فهم البروتينات، إذ لا يمكننا الشعور بها أو التفاعل معها بشكل مباشر، حتى السرعة التي تتصرف بها أسرع بكثير مما تستطيع أدمغتنا معالجته، ومع ذلك، قد يكون من الممكن إنشاء آلة ذكية تفهم البروتينات وتعالجها بالطريقة نفسها التي نفهم بها أنا وأنت فناجين القهوة والهواتف الذكية ونتعامل معها. قد يكون دماغ آلة البروتين الذكية (IPM) موجوداً في جهاز حاسوب نموذجي، لكن حركاته ومستشعراته ستعمل على نطاق صغير

جداً داخل الخلية، وقد تكتشف مستشعراته الأحماض الأمينية أو أنواعاً مختلفة من طيات البروتين أو روابط كيميائية معينة، وقد تتضمن أفعاله تحريك مستشعراته بالنسبة إلى البروتين، حيث يمكنك تحريك إصبعك على فنجان قهوة، وقد تحتوي على إجراءات تحفز البروتين لجعله يغير شكله، على غرار الطريقة التي تلمس بها شاشة الهاتف الذكي لتغيير الشاشة. يمكن أن تتعلم IPM نموذجاً للعالم داخل الخلايا ثم تستخدم هذا النموذج لتحقيق الأهداف المرجوة، مثل القضاء على البروتينات السيئة وإصلاح البروتينات التالفة.

مثال آخر على تجسيد غير عادي هو الدماغ الموزع؛ تحتوي القشرة المخية الحديثة للإنسان على حوالى مئة وخمسين ألف عمود قشري، يمثل كل واحد منها الجزء الذي يمكن أن يشعر به من العالم. لا يوجد سبب لضرورة وضع «أعمدة» الآلة الذكية مادياً بجوار بعضها، كما هو الحال في الدماغ البيولوجي. تخيل جهازاً ذكياً يحتوي على ملايين الأعمدة والآلاف من مصفوفات أجهزة الاستشعار، يمكن توزيع المستشعرات والنماذج المرتبطة بها مادياً عبر الأرض أو داخل المحيطات أو في جميع أنحاء نظامنا الشمسي. على سبيل المثال، قد تفهم الآلة الذكية المزودة بأجهزة استشعار موزعة على سطح الأرض حالة الطقس العالمي بالطريقة نفسها التي نفهم بها أنا وأنت حالة الهاتف الذكي.

لا أعرف إن كان بناء آلة بروتين ذكية ممكناً أو مدى قيمة الآلات الذكية الموزعة؛ أذكر هذه الأمثلة لتحفيز خيالك ولأنها في عالم الاحتمال. الفكرة الأساسية هي أن الآلات الذكية ستأخذ على الأرجح أشكالاً مختلفة، فعندما نفكر في مستقبل الذكاء الآلي والآثار المترتبة عليه، نحتاج إلى التفكير على نطاق واسع وعدم قصر أفكارنا على الأشكال البشرية والحيوانية الأخرى التي يكمن فيها الذكاء اليوم.

2. ما يعادله من الدماغ القديم

لإنشاء آلة ذكية، نحتاج إلى بعض الأشياء الموجودة في الأجزاء القديمة من دماغنا. في وقت سابق، قلت إننا لسنا بحاجة إلى تكرار مناطق الدماغ القديم. هذا صحيح بشكل عام، ولكن هناك بعض الأشياء التي يقوم بها الدماغ القديم والتي هي متطلبات للآلات الذكية.

أحد المتطلبات هو الحركات الأساسية؛ تذكر أن القشرة المخية الحديثة لا تتحكم بشكل مباشر في أي عضلات، فعندما تريد القشرة المخية الحديثة القيام بشيء ما، فإنها ترسل إشارات إلى الأجزاء القديمة من الدماغ التي تتحكم بشكل مباشر في الحركات. على سبيل المثال، التوازن على قدمين، والمشي، والجري هي سلوكيات تنفذها أجزاء أقدم من الدماغ. أنت لا تعتمد على القشرة المخية الحديثة في التوازن والمشي والجري، وهذا أمر منطقي، لأن الحيوانات كانت بحاجة إلى المشي والجري قبل وقت طويل من

تطوير القشرة المخية الحديثة. لماذا نريد أن تفكر القشرة المخية الحديثة في كل خطوة في حين أنها قد تفكر في المسار الذي يجب أن تسلكه للهروب من حيوان مفترس؟

لكن هل يجب أن يكون الأمر على هذا النحو؟ ألا يمكننا بناء آلة ذكية حيث تتحكم القشرة المخية الحديثة بشكل مباشر في الحركات؟ لا أعتقد ذلك. تطبق القشرة المخية الحديثة خوارزمية شبه عالمية، لكن هذه المرونة لها ثمن؛ يجب ربط القشرة المخية الحديثة بشيء يحتوي بالفعل على أجهزة استشعار ولديه بالفعل سلوكيات، لا أن يُحدِث سلوكيات جديدة تماماً؛ يتعلم كيفية ربط العناصر الموجودة معاً بطرق جديدة ومفيدة. يمكن أن تكون العناصر الأولية السلوكية بسيطة مثل ثني الإصبع أو معقدة مثل المشي، لكن القشرة المخية الحديثة تتطلب وجودها. لم يتم إصلاح جميع العوامل السلوكية الأولية في الأجزاء القديمة من الدماغ، بل يمكن أيضاً تعديلها بالتعلم.

لذلك، يجب أن تتكيف القشرة المخية الحديثة باستمرار أيضاً.

يجب أن يتم تضمين السلوكيات المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بتجسيد الآلة. على سبيل المثال، لنفترض أن لدينا طائرة بدون طيار تهدف إلى توصيل إمدادات الطوارئ للأشخاص الذين يعانون من كارثة طبيعية، قد نجعل الطائرة بدون طيار ذكية، ونسمح لها بتقييم المناطق الأكثر احتياجاً من تلقاء نفسها والسماح لها بالتنسيق مع الطائرات الأخرى عند توصيل إمداداتها. لا تستطيع «القشرة المخية الحديثة» للطائرة بدون طيار التحكم في جميع جوانب الرحلة، ولا نريدها أن تقوم بذلك، إذ يجب أن تحتوي الطائرة بدون طيار على سلوكيات مدمجة من أجل الطيران المستقر، والهبوط، وتجنب العوائق، وغير ذلك ...

السلامة هي نوع آخر من السلوك يجب أن نبنيها في آلة ذكية. اشتهر إسحاق عظيموف، كاتب الخيال العلمي، باقتراح ثلاثة قوانين للروبوتات، وهذه القوانين تشبه بروتوكول الأمان:

> لا يجوز للروبوت أن يؤذي إنساناً، أو يُسمح له، من خلال التقاعس عن العمل، بإلحاق الأذى به.
>
> يجب أن تطيع الروبوت الأوامر الصادرة عن البشر إلا في الحالات التي تتعارض فيها هذه الأوامر مع القانون الأول.
>
> يجب أن يحمي الروبوت وجوده طالما أن هذه الحماية لا تتعارض مع القانونين الأول أو الثاني.

تم اقتراح قوانين الروبوتات الثلاثة لعظيموف في سياق روايات الخيال العلمي ولا تنطبق بالضرورة على جميع أشكال ذكاء الآلة، ولكن في أي تصميم منتج، هناك ضمانات تستحق الدراسة، ويمكن أن تكون بسيطة للغاية. على سبيل المثال، تحتوي سيارتي على نظام أمان مدمج لتجنب الحوادث.

في العادة، تتبع السيارة أوامري، والتي أتواصل معها عبر دواستي الوقود والفرامل، ومع ذلك، إذا اكتشفت السيارة عائقاً سأصطدم به، فسوف تتجاهل أوامري وتضغط على الفرامل. يمكنك القول إن السيارة تتبع قانوني عظيموف الأول والثاني، أو يمكنك القول إن المهندسين الذين صمموا سيارتي وضعوا بعض ميزات الأمان. ستحتوي الآلات الذكية أيضاً على سلوكيات مدمجة للسلامة؛ أقوم بتضمين هذه الفكرة هنا للتأكد من اكتمالها، على الرغم من أن هذه المتطلبات ليست فريدة للآلات الذكية.

أخيراً، يجب أن يكون للآلة الذكية أهداف ودوافع، فالأهداف والدوافع البشرية معقدة، البعض تدفعه جيناتنا، مثل الرغبة في الجنس والطعام والمأوى. يمكن أن يكون للعواطف - مثل الخوف والغضب والغيرة - تأثير كبير على سلوكنا، أما البعض الآخر للدوافع فيكون له أهداف مجتمعية، على سبيل المثال، يختلف ما يُنظر إليه على أنه حياة ناجحة من ثقافة إلى أخرى.

تحتاج الآلات الذكية أيضاً إلى أهداف ودوافع؛ لا نريد إرسال فريق من عمال البناء الآليين إلى المريخ، فقط لنجدهم مستلقين تحت أشعة الشمس طوال اليوم وهم يشحنون بطارياتهم. إذاً، كيف نمنح آلة ذكية الأهداف، وهل هناك مخاطر في ذلك؟

أولاً، من المهم أن نتذكر أن القشرة المخية الحديثة، بمفردها، لا تُوجِد أهدافاً أو دوافع أو عواطف؛ تذكر التشبيه الذي أجريته بين القشرة المخية الحديثة وخريطة العالم، إذ يمكن أن تساعدنا الخريطة في الانتقال من مكاننا إلى حيث نريد أن نكون، ولفت انتباهنا إلى ما سيحدث إذا تصرفنا بطريقة أو بأخرى، وما هي الأشياء الموجودة في أماكن مختلفة، لكن الخريطة ليس لها دوافع في حد ذاتها، فلن ترغب الخريطة في الذهاب إلى مكان ما، ولن تضع أهدافاً أو طموحات تلقائياً، الأمر نفسه ينطبق على القشرة المخية الحديثة.

تشارك القشرة المخية الحديثة بنشاط في الطريقة التي تؤثر فيها الدوافع والأهداف على السلوك، لكن القشرة المخية الحديثة لا تتيح معرفة عمل ذلك، تخيل مناطق دماغية أقدم تتحدث مع القشرة المخية الحديثة، فيقول المخ القديم: «أنا جائع، أريد طعاما»، تجيب القشرة المخية الحديثة: «لقد بحثت عن طعام ووجدت مكانين قريبين كان فيهما طعام، وللوصول إلى موقع الطعام الأول، يجب أن نتبع النهر، أما للوصول إلى الآخر، فيجب أن نعبر حقلاً مفتوحاً تعيش فيه بعض النمور»، تقول القشرة المخية الحديثة هذه الأشياء بهدوء ومن دون قيمة، ومع ذلك، فإن الدماغ القديم يربط النمور بالخطر، فعند سماع كلمة «نمر»، يقفز الدماغ القديم إلى العمل، فيطلق مواداً كيميائية في الدم ترفع معدل ضربات القلب وتسبب تأثيرات فسيولوجية أخرى نربطها بالخوف. قد يطلق الدماغ القديم أيضاً مواد كيميائية، تسمى المُعدِّلات العصبية، مباشرة إلى مناطق واسعة من القشرة المخية الحديثة؛ في جوهرها، تقول القشرة المخية الحديثة: «مهما يكن الأمر الذي تفكر به لا تقدم عليه».

لمنح آلة الأهداف والدوافع يتطلب أن نصمم آليات محددة للأهداف والدوافع ثم ندمجها في تجسيد الآلة. يمكن تحديد الأهداف، مثل رغبتنا المحددة وراثياً في تناول الطعام، أو يمكن تعلمها، مثل أهدافنا المحددة اجتماعياً لكيفية عيش حياة جيدة. بالطبع، يجب بناء أي أهداف وفقاً لإجراءات السلامة مثل قانوني عظيموف الأولين. باختصار، ستحتاج الآلة الذكية إلى شكل من الأهداف والدوافع؛ ومع ذلك، فإن الأهداف والدوافع ليسا نتيجة للذكاء، ولن يظهرا من تلقاء نفسيهما.

3. ما يعادل القشرة المخية الحديثة

المكون الثالث للآلة الذكية هو نظام تعليمي للأغراض العامة يؤدي وظائف القشرة المخية الحديثة نفسها. مرة أخرى، يمكن أن يكون هناك مجموعة واسعة من خيارات التصميم؛ سأناقش اثنين: السرعة والقدرة.

السرعة

تستغرق الخلايا العصبية ما لا يقل عن خمسة مللي ثانية للقيام بأي شيء مفيد، يمكن أن تعمل الترانزستورات المصنوعة من السيليكون أسرع بنحو مليون مرة، وبالتالي، يمكن للقشرة المخية الحديثة المصنوعة من السيليكون أن تفكر وتتعلم أسرع مليون مرة من الإنسان. من الصعب تخيل ما سيؤدي إليه مثل هذا التحسن الكبير في سرعة التفكير، لكن قبل أن نطلق العنان لمخيلتنا، يجب أن أشير إلى أنه لمجرد أن جزءاً من آلة ذكية يمكن أن يعمل أسرع بمليون مرة من الدماغ البيولوجي لا يعني أن الآلة الذكية بأكملها يمكنها أن تعمل أسرع بمليون مرة، أو تلك المعرفة يمكن الحصول عليها بهذه السرعة.

على سبيل المثال، استدعِ عمال البناء الروبوتيين، أولئك الذين أرسلناهم إلى المريخ لبناء موطن للبشر، قد يكونون قادرين على التفكير في المشكلات وتحليلها بسرعة، ولكن لا يمكن تسريع عملية البناء الفعلية إلا قليلاً. يمكن تحريك المواد الثقيلة بسرعة كبيرة فقط قبل أن تتسبب القوى المعنية في ثنيها وكسرها. إذا احتاج الروبوت إلى حفر ثقب في قطعة معدنية، فلن يحدث ذلك أسرع مما لو كان الإنسان يحفر الحفرة. بالطبع، قد يعمل عمال البناء الروبوتيون بشكل مستمر، ولا يتعبون، ويرتكبون أخطاء أقل، لذلك، قد تحدث عملية تحضير المريخ للإنسان بشكل أسرع عند استخدام آلات ذكية مقارنة بالبشر، ولكن ليس أسرع بمليون مرة.

تأمل في مثال آخر: ماذا لو كان لدينا آلات ذكية تقوم بعمل علماء الأعصاب، فإن الآلات فقط هي التي تستطيع التفكير أسرع مليون مرة؟ استغرق علماء الأعصاب عقوداً للوصول إلى المستوى الحالي

لفهم الدماغ، هل كان هذا التقدم سيحدث أسرع مليون مرة، في أقل من ساعة، مع علماء الأعصاب المزودين بالذكاء الاصطناعي؟ لا. بعض العلماء، مثلي وفريقي، منظرين، نقضي أيامنا في قراءة الأوراق، ومناقشة النظريات الممكنة، وكتابة البرامج. يمكن أن يحدث بعض هذا العمل، من حيث المبدأ، بشكل أسرع بكثير إذا تم تنفيذه بواسطة آلة ذكية، لكن برامج المحاكاة الخاصة بنا قد تستغرق أياماً حتى يتم تشغيلها. بالإضافة إلى ذلك، فإن نظرياتنا لم يتم تطويرها في فراغ، فنحن نعتمد على الاكتشافات التجريبية. كانت نظرية الدماغ في هذا الكتاب مقيدة ومستنيرة بنتائج مئات المعامل التجريبية، حتى لو تمكنا من التفكير أسرع بمليون مرة، فلا يزال يتعين علينا انتظار التجريبيين لنشر نتائجهم، ولا يمكنهم تسريع تجاربهم بشكل كبير، على سبيل المثال، يجب تدريب الفئران وجمع البيانات، ولا يمكن تسريع الفئران بأي قدر. مرة أخرى، سيؤدي استخدام الآلات الذكية بدلاً من البشر لدراسة علم الأعصاب إلى تسريع معدل الاكتشاف العلمي، ولكن ليس بمليون مرة.

علم الأعصاب ليس فريداً في هذا الصدد، إذ تعتمد جميع مجالات البحث العلمي تقريباً على البيانات التجريبية. على سبيل المثال، اليوم هناك العديد من النظريات حول طبيعة المكان والزمان، ولمعرفة ما إذا كانت أي من هذه النظريات صحيحة يتطلب الأمر بيانات تجريبية جديدة. إذا كان لدينا علماء كوزمولوجيون آليون أذكياء يعتقد أنهم أسرع مليون مرة من علماء الكونيات البشريين، فقد يكونون قادرين على توليد نظريات جديدة بسرعة، ولكن لا يزال يتعين علينا بناء تلسكوبات فضائية وكاشفات للجسيمات تحت الأرض لجمع البيانات اللازمة لمعرفة ما إذا كان هناك أي من النظريات صحيحة. لا يمكننا الإسراع بشكل كبير في إنشاء التلسكوبات وأجهزة الكشف عن الجسيمات، ولا يمكننا تقليل الوقت الذي يستغرقه جمع البيانات.

هناك بعض مجالات التحقيق التي يمكن تسريعها بشكل كبير، فغالباً ما يفكر علماء الرياضيات ويكتبون ويشاركون الأفكار. من حيث المبدأ، يمكن للآلات الذكية أن تعمل على بعض مسائل الرياضيات أسرع بملايين المرات من علماء الرياضيات البشريين. مثال آخر، هو جهازنا الذكي الافتراضي الذي يزحف حول الإنترنت؛ إن السرعة التي يمكن أن يتعلم بها برنامج تتبع ارتباطات الويب الذكي مقيدة بمدى سرعة «التحرك» باتباع الروابط وفتح الملفات؛ هذا يمكن أن يكون سريعاً جداً.

من المحتمل أن تكون أجهزة الحاسوب اليوم تشبيهاً جيداً لما يمكن أن نتوقع حدوثه، حيث تقوم أجهزة الحاسوب بالمهام التي اعتاد البشر القيام بها يدوياً، وهي تؤديها أسرع بنحو مليون مرة. لقد غيرت أجهزة الحاسوب مجتمعنا، وأدت إلى زيادة هائلة في قدرتنا على تحقيق الاكتشافات العلمية والطبية، لكن هذه الأجهزة لم تؤدِ إلى زيادة مليون ضعف في معدل قيامنا بهذه الأشياء؛ سيكون للآلات الذكية تأثير

مماثل على مجتمعنا ومدى سرعة اكتشافنا.

السعة

أدرك فيرنون ماونتكاسل أن القشرة المخية الحديثة أصبحت كبيرة لدينا، وأننا أصبحنا أكثر ذكاءً، من خلال عمل نسخ من الدائرة نفسها، العمود القشري. يمكن لذكاء الآلة اتباع الخطة نفسها، فبمجرد أن نفهم تماماً ما يفعله العمود وكيفية صنعه من السيليكون، يجب أن يكون من السهل نسبياً إنشاء آلات ذكية ذات سعة متفاوتة باستخدام عناصر عمود أكثر أو أقل.

لا توجد حدود واضحة لمدى ضخامة أدمغتنا الاصطناعية، إذ تحتوي القشرة المخية الحديثة للإنسان على حوالى مئة وخمسين ألف عمود. ماذا سيحدث لو صنعنا قشرة مخية حديثة اصطناعية تحتوي مئة وخمسين مليون عمود؟ ماذا ستكون فائدة دماغ أكبر بألف مرة من دماغ بشري؟ لا نعرف حتى الآن، ولكن هناك بعض الملاحظات التي تستحق المشاركة.

يختلف حجم مناطق القشرة المخية الحديثة اختلافاً كبيراً بين الناس، فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون المنطقة V1، وهي المنطقة المرئية الأساسية، أكبر بمرتين لدى بعض الأشخاص مقارنة بالآخرين. ولكن V1 تتمتع بالسماكة نفسها لدى الجميع، ولكن المنطقة، وبالتالي عدد الأعمدة، يمكن أن يختلفا. يتمتع ل من الشخص الذي لديه حجم V1 صغير نسبياً والشخص ذي V1 كبير نسبياً برؤية طبيعية ولا يدرك أي ـهما الفرق؛ ولكنّ هناك فرقاً؛ الشخص الذي لديه V1 كبير لديه رؤية أكثر حدة، وهذا يعني أنه يمكنه رؤية أشياء أصغر؛ قد يكون هذا مفيداً إذا كنت صانع ساعات، على سبيل المثال. إذا عممنا ما سبق، فإن زيادة حجم بعض مناطق القشرة المخية الحديثة يمكن أن تحدث فرقاً ضئيلاً، لكنها لا تمنحك قوة عظمى.

بدلاً من جعل المناطق أكبر، يمكننا إنشاء المزيد من المناطق وربطها بطرق أكثر تعقيداً. إلى حد ما، هذا هو الفرق بين القرود والبشر، فالقدرة البصرية للقرد مشابهة للإنسان، لكن لدى البشر قشرة مخية حديثة أكبر بشكل عام، مع مناطق أكثر. يتفق معظم الناس على أن الإنسان أكثر ذكاءً من القرد، وأن نموذجنا للعالم أعمق وأشمل. يشير هذا إلى أن الآلات الذكية يمكن أن تتفوق على البشر في عمق فهمها، وهذا لا يعني بالضرورة أن البشر لا يستطيعون فهم ما تتعلمه الآلة الذكية. على سبيل المثال، على الرغم من أنني لم أستطع اكتشاف ما فعله ألبرت أينشتاين، إلا أنني أستطيع أن أفهم اكتشافاته.

هناك طريقة أخرى يمكننا التفكير بها بشأن السعة؛ جزء كبير من حجم دماغنا هو عبارة عن أسلاك ومحاوز وتشعبات تربط الخلايا العصبية ببعضها؛ هذه مكلفة من حيث الطاقة والمساحة؛ وللحفاظ على الطاقة، يضطر الدماغ إلى الحد من الأسلاك، وبالتالي الحد مما يمكن تعلمه بسهولة. عندما نولد، فإن

القشرة المخية الحديثة لدينا يكون لديها وفرة من الأسلاك، ويتم تقليص هذا بشكل كبير خلال السنوات القليلة الأولى من الحياة. من المفترض أن الدماغ يتعلم أي الوصلات مفيدة وأيها لا تستند إلى تجارب الحياة المبكرة للطفل، ومع ذلك، فإن إزالة الأسلاك غير المستخدمة لها جانب سلبي، فهي تجعل من الصعب تعلم أنواع جديدة من المعرفة لاحقاً في الحياة. على سبيل المثال، إذا لم يتعرض الطفل للغات متعددة في وقت مبكر من حياته، فإن القدرة على إتقان لغات متعددة تتضاءل، وبالمقابل، فإن الطفل الذي لا تعمل عيناه في وقت مبكر من الحياة سيفقد القدرة على الرؤية بشكل دائم، حتى لو تم إصلاح نظره لاحقاً؛ ربما يكون هذا بسبب فقدان بعض الاتصالات اللازمة ليكون المرء متعدد اللغات والمشاهدة لأنه لم يتم استخدامها.

لا تمتلك الآلات الذكية نفس القيود المتعلقة بالأسلاك، على سبيل المثال، في نماذج البرامج الخاصة بالقشرة المخية الحديثة التي أنشأها فريقي، يمكننا على الفور إنشاء اتصالات بين أي مجموعتين من الخلايا العصبية، على عكس الأسلاك المادية في الدماغ، يسمح البرنامج بتشكيل جميع الاتصالات الممكنة. قد تكون هذه المرونة في الاتصال واحدة من أعظم مزايا الذكاء الآلي على الذكاء البيولوجي. يمكن أن يسمح للآلات الذكية بالحفاظ على جميع خياراتها مفتوحة، لأنها تزيل واحدة من أكبر الحواجز التي يواجهها البشر عند محاولة تعلم أشياء جديدة.

التعلم مقابل الاستنساخ

الطريقة الأخرى التي سيختلف بها ذكاء الآلة عن الذكاء البشري هي القدرة على استنساخ الآلات الذكية، إذ يجب على كل إنسان أن يتعلم نموذجاً للعالم من الصفر. نبدأ الحياة ونحن لا نعرف شيئاً تقريباً، ونمضي عدة عقود في التعلم، نذهب إلى المدرسة لنتعلم، ونقرأ الكتب لنتعلم، وبالطبع نتعلم من خلال تجاربنا الشخصية، وأيضاً سيتعين على الآلات الذكية أن تتعلم نموذجاً للعالم، ومع ذلك، على عكس البشر، يمكننا في أي وقت عمل نسخة من آلة ذكية، واستنساخها. تخيل أن لدينا تصميماً موحداً للأجهزة لروبوتات البناء الذكية الخاصة بنا على كوكب المريخ. قد يكون لدينا ما يعادل مدرسة لتعليم الروبوت طرق البناء والمواد وكيفية استخدام الأدوات، وقد يستغرق هذا التدريب سنوات حتى يكتمل، ولكن بمجرد أن نكون راضين عن قدرات الروبوت، يمكننا عمل نسخ عن طريق نقل اتصالاته المكتسبة إلى عشرات الروبوتات المماثلة الأخرى.

في اليوم التالي، يمكننا إعادة برمجة الروبوتات مرة أخرى بتصميم محسّن أو ربما بمهارات جديدة تماماً.

حتى الآن لا نعرف التطبيقات المستقبلية لذكاء الآلة

عندما نصنع تقنية جديدة، نتخيل أنها ستُستخدم لاستبدال أو تحسين شيء مألوف لدينا، وبمرور الوقت، تظهر استخدامات جديدة لم يتوقعها أحد، وهذه الاستخدامات غير المتوقعة هي التي تصبح عادةً أكثر أهمية وتحول المجتمع. على سبيل المثال، تم اختراع الإنترنت لمشاركة الملفات بين أجهزة الحاسوب العلمية والعسكرية، وهو أمر تم القيام به يدوياً في السابق، ولكن يمكن الآن تنفيذه بشكل أسرع وأكثر كفاءة. لا يزال الإنترنت يُستخدم لمشاركة الملفات، ولكن الأهم من ذلك أنه حول الترفيه والتجارة والتصنيع والتواصل الشخصي بشكل جذري، فهو حوّل الطريقة التي نكتب ونقرأ وفقها؛ قلّة هم الذين تخيلوا هذه التحولات المجتمعية عندما تم إنشاء بروتوكولات الإنترنت للمرة الأولى.

سيخضع ذكاء الآلة لعملية انتقال مماثلة؛ اليوم، يركز معظم علماء الذكاء الاصطناعي على جعل الآلات تقوم بأشياء يمكن للبشر القيام بها؛ من التعرف إلى الكلمات المنطوقة، وتصنيف الصور، إلى قيادة السيارات. تتجسد الفكرة القائلة بأن هدف الذكاء الاصطناعي هو تقليد البشر من خلال «اختبار تورينغ» الشهير، فاقتراح آلان تورينغ في الأصل هو «لعبة محاكاة»، ينص اختبار تورينغ على أنه إذا كان الشخص لا يستطيع معرفة ما إذا كان يتحدث مع جهاز حاسوب أو إنسان، فيجب اعتبار الحاسوب ذكياً، ولسوء الحظ، فإن هذا التركيز على القدرة الشبيهة بالإنسان كمقياس للذكاء قد أضر أكثر مما ينفع. إن حماسنا بشأن مهام مثل تشغيل جهاز حاسوب يعمل بنظام غو قد صرف انتباهنا عن تخيل التأثير النهائي للآلات الذكية.

بالطبع، سوف نستخدم آلات ذكية للقيام بأشياء نقوم بها نحن البشر اليوم، وسيشمل ذلك الوظائف الخطرة وغير الصحية التي ربما تكون خطرة جداً على البشر، مثل إصلاح الكابلات في أعماق البحار أو تنظيف الانسكابات السامة. كما سنستخدم أيضاً آلات ذكية للمهام التي لا يوجد فيها عدد كافٍ من البشر، ربما كمقدمي رعاية لكبار السن. سيرغب بعض الناس في استخدام آلات ذكية لتحل محل الوظائف ذات الأجر الجيد أو لخوض الحروب، لذا، سيتعين علينا العمل لإيجاد الحلول الصحيحة للمعضلات التي ستقدمها بعض هذه التطبيقات.

لكن ماذا يمكننا أن نقول عن التطبيقات غير المتوقعة لذكاء الآلة؟ على الرغم من أنه لا يمكن لأحد معرفة تفاصيل المستقبل، يمكننا محاولة تحديد الأفكار والاتجاهات الكبيرة التي قد تدفع تبني الذكاء الاصطناعي في اتجاهات غير متوقعة. الأمر الذي أجده مثيراً هو اكتساب المعرفة العلمية، البشر يريدون التعلم، نحن منجذبون للاستكشاف والبحث عن المعرفة وفهم المجهول، فنحن نريد أن نعرف إجابات عن أسرار الكون: كيف بدأ كل شيء؟ كيف سينتهي؟ هل الحياة شائعة في الكون؟ هل هناك كائنات ذكية أخرى؟ القشرة المخية الحديثة هي العضو الذي يسمح للبشر بالسعي وراء هذه المعرفة. عندما تستطيع

الآلات الذكية التفكير بشكل أسرع وأعمق منا، وتشعر بالأشياء التي لا يمكننا الشعور بها، وتسافر إلى أماكن لا يمكننا السفر إليها، عندها من يعلم ما الذي سنتعلمه؟ شخصياً، أجد هذا الاحتمال مثيراً.

لا يشعر الجميع بالتفاؤل مثلي بشأن فوائد الذكاء الآلي. فبعض الناس يرون أن الذكاء الآلي هو أكبر تهديد للبشرية؛ سأناقش مخاطر الذكاء الآلي في الفصل التالي.

الفصل الحادي عشر
المخاطر الوجودية التي تترتب على الذكاء الآلي

في بداية القرن الحادي والعشرين، نُظر إلى مجال الذكاء الاصطناعي على أنه فاشل. عندما بدأنا نومينتا، أجرينا بحثاً عن السوق لمعرفة الكلمات التي قد نستخدمها للتحدث عن عملنا؛ لقد تعلمنا أن الجميع تقريباً كانوا ينظرون إلى مصطلحي «AI» و «الذكاء الاصطناعي» بشكل سلبي، ولن تفكر أي شركة في استخدامهما لوصف منتجاتها. كان الرأي العام هو أن محاولات بناء آلات ذكية قد توقفت وقد لا تنجح أبداً. في غضون عشر سنوات، انقلب رأي الناس حول الذكاء الاصطناعي تماماً؛ فهو الآن أحد أكثر مجالات البحث سخونة، وتقوم الشركات بإطلاق مسمى الذكاء الاصطناعي عملياً على أي شيء يتضمن التعلم الآلي.

الأكثر إثارة للدهشة هو مدى السرعة التي تغير بها نقاد التكنولوجيا من «قد لا يحدث الذكاء الاصطناعي أبداً» إلى «من المرجح أن يدمر الذكاء الاصطناعي جميع البشر في المستقبل القريب». لقد أُنشِئت مؤسسات عديدة غير ربحية ومراكز الفكر لدراسة المخاطر الوجودية للذكاء الاصطناعي، وقد حذر العديد من التقنيين البارزين والعلماء والفلاسفة علناً من أن إنشاء آلات ذكية قد يؤدي سريعاً إلى انقراض البشر أو إخضاعهم. الآن، ينظر كثيرون إلى الذكاء الاصطناعي على أنه تهديد وجودي للبشرية.

يمكن إساءة استخدام كل تقنية جديدة لإحداث ضرر. حتى اليوم، يقتصر استخدام الذكاء الاصطناعي لتتبع الأشخاص، والتأثير على الانتخابات، ونشر الدعاية، وستزداد هذه الأنواع من الانتهاكات سوءاً عندما يكون لدينا آلات ذكية حقاً. على سبيل المثال، إنها فكرة مخيفة أن نجعل الأسلحة ذكية ومستقلة؛ تخيل طائرات ذكية من دون طيار تنقل الأسلحة بدلاً من توصيل الأدوية والطعام؛ فالأسلحة الذكية يمكن أن تعمل من دون إشراف بشري، ويمكن نشرها بعشرات الآلاف، ولهذا، من الضروري أن نواجه هذه التهديدات وأن نضع سياسات لمنع النتائج السيئة.

سيحاول الأشرار استخدام الآلات الذكية لخنق الحريات وسلبها وتهديد الأرواح، ولكن بالنسبة إلى القسم الأكبر، فإن الشخص الذي يستخدم الآلات الذكية لأغراض سيئة لن يؤدي على الأرجح إلى إبادة

جميع البشر. من ناحية أخرى، تختلف المخاوف بشأن المخاطر الوجودية للذكاء الاصطناعي نوعياً، إن استخدام الأشرار للآلات الذكية لفعل الأشياء السيئة شيء، وأن تكون الآلات الذكية هي نفسها جهات فاعلة سيئة وقررت بمفردها القضاء على الإنسانية هو شيء آخر. سأركز فقط على الاحتمال الأخير، التهديدات الوجودية للذكاء الاصطناعي؛ ومن خلال القيام بذلك، لا أنوي التقليل من المخاطر الكبيرة التي يشكّلها الذين يسيئون استخدام الذكاء الاصطناعي.

تستند المخاطر الوجودية المتصورة للذكاء الآلي إلى حد كبير إلى سببين؛ يطلق على الخطر الأول الانفجار الذكائي، ويمكننا وصف الأمر على النحو التالي: نحن نصنع آلات أكثر ذكاءً من البشر؛ هذه الآلات أفضل من البشر في كل شيء تقريباً، بما في ذلك إنشاء آلات ذكية. نترك الآلات الذكية تصنع آلات ذكية جديدة، والتي بدورها تصنع آلات أكثر ذكاءً، وبالتالي يتقلص الوقت بين كل جيل مُحسَّن من الآلات الذكية شيئاً فشيئاً، ولن تمضي فترة طويلة قبل أن تبتعد الآلات عن ذكائنا لدرجة أننا لا نستطيع فهم ما الذي تفعله، وفي هذه المرحلة، قد تقرر الآلات التخلص منا لأنها لم تعد بحاجة إلينا وهذا ما يمكننا أن نطلق عليه الانقراض البشري، أو قد تقرر التسامح معنا لأننا نفيدها وهذا ما يمكننا أن نطلق عليه القهر البشري.

ويطلق على الخطر الوجودي الثاني اختلال الأهداف، والذي يشير إلى السيناريوهات التي تسعى فيها الآلات الذكية إلى تحقيق أهداف تتعارض مع رفاهيتنا ولا يمكننا إيقافها. لقد طرح الفلاسفة وعلماء التكنولوجيا عدة طرق يمكن أن يحدث بها ذلك، فعلى سبيل المثال، قد تطور الآلات الذكية تلقائياً أهدافها الخاصة التي تضر بنا، أو قد تتابع هدفاً خصصناه لها، لكنها تقدم على ذلك بلا رحمة لدرجة أنها تستهلك جميع موارد الأرض، وفي هذه العملية، تجعل من الكوكب مكاناً غير صالح للسكن.

الافتراض الأساسي لجميع سيناريوهات المخاطر هذه هو أننا نفقد السيطرة على ما اخترعنا، بحيث تمنعنا الآلات الذكية من إيقاف تشغيلها أو قد تمنعنا بطرق أخرى من تحقيق أهدافها. في بعض الأحيان، يُفترض أن الآلات الذكية تتكاثر، تبتكر ملايين النسخ من نفسها، وفي سيناريوهات أخرى، تصبح آلة ذكية واحدة كُلية القدرة؛ في كلتا الحالتين، نحن متخاصمون معها ولكنها أكثر ذكاءً.

عندما أقرأ عن هذه المخاوف، أشعر أن الحجج تُطلق من دون أي فهم لماهية الذكاء. إن الناس يشعرون بالخطر بشكل كبير، بناءً على مفاهيم غير صحيحة، ليس فقط لما هو ممكن تقنياً، بل لما يعنيه أن تكون ذكياً. دعونا نرَ كيف تصمد هذه المخاوف عندما نفكر فيها في ضوء ما تعلمناه عن الدماغ والذكاء البيولوجي.

تهديد انفجار الذكاء

يتطلب الذكاء وجود نموذج للعالم، نحن نستخدم نموذجنا العالمي للتعرف إلى مكاننا وللتخطيط لتحركاتنا، ونستخدم نموذجنا للتعرف إلى الأشياء والتلاعب بها وتوقع عواقب أفعالنا. عندما نريد إنجاز شيء ما، سواء أكان الأمر بسيطاً مثل تحضير مغلاة من القهوة أو معقداً مثل خرق القانون، فإننا نستخدم النموذج في دماغنا لتحديد الإجراءات التي يجب أن نتخذها للوصول إلى النتيجة المرجوة.

مع استثناءات قليلة، يتطلب تعلم الأفكار والمهارات الجديدة التفاعل الجسدي مع العالم؛ على سبيل المثال، تطلبت الاكتشافات الحديثة للكواكب في أنظمة شمسية أخرى أولاً بناء نوع جديد من التلسكوبات، ثم جمع البيانات على مدى عدة سنوات؛ لا يوجد دماغ، بغض النظر عن حجمه أو سرعته، يمكنه معرفة انتشار الكواكب خارج المجموعة الشمسية وتكوينها بمجرد التفكير؛ لا يمكن تخطي مرحلة الاكتشاف، كما يتطلب تعلم كيفية قيادة مروحية فهم كيف أن التغييرات الطفيفة في سلوكك تسبب تغييرات طفيفة في الرحلة. إن الطريقة الوحيدة لتعلم هذه العلاقات الحسية الحركية هي من خلال الممارسة، ربما يمكن التدرب على الآلة من خلال جهاز محاكاة، والذي من الناحية النظرية يمكن أن يكون أسرع من التعلم عن طريق قيادة مروحية حقيقية، لكن الأمر سيستغرق بعض الوقت؛ على سبيل المثال يتطلب تشغيل مصنع لتصنيع رقائق الحاسوب سنوات من الممارسة؛ يمكنك قراءة كتاب عن تصنيع الرقائق، لكنك لن تمتلك أي خبرة حول الطرق التي يجب أن تتصرف وفقها عندما تحصل مشاكل في عملية التصنيع وكيفية معالجتها؛ لا يوجد بديل لهذه الخبرة.

الذكاء ليس شيئاً يمكن برمجته في البرامج أو تحديده كقائمة من القواعد والحقائق، إذ يمكننا أن نمنح آلة القدرة على تعلم نموذج للعالم، لكن المعرفة التي يتكون منها هذا النموذج يجب تعلمها، والتعلم يستغرق وقتاً. كما وصفت في الفصل السابق، على الرغم من أنه يمكننا صنع آلات ذكية تعمل أسرع بمليون مرة من الدماغ البيولوجي، إلا أنها لا تستطيع اكتساب معرفة جديدة أسرع بملايين المرات.

يستغرق اكتساب المعرفة والمهارات الجديدة وقتاً بغض النظر عن مدى سرعة أو حجم الدماغ، ففي بعض المجالات، مثل الرياضيات، يمكن للآلة الذكية أن تتعلم أسرع بكثير من الإنسان. ومع ذلك، في معظم المجالات، تكون سرعة التعلم محدودة بسبب الحاجة إلى التفاعل الجسدي مع العالم، لذلك، لا يمكن أن يكون هناك انفجار في الذكاء حيث تعرف الآلات فجأة أكثر مما نعرفه نحن.

يتحدث أتباع انفجار الذكاء أحياناً عن «ذكاء بشري خارق»، أي عندما تتفوق الآلات على الأداء البشري بكل الطرق وفي كل مهمة؛ فكّر في ما يعنيه ذلك؛ يمكن لآلة ذكية خارقة أن تطير وهي تمتلك خبرة كل نوع من الطائرات، وأن تشغل كل نوع من الآلات، وأن تكتب برامج في كل لغة برمجة، ستتحدث كل لغة، وتعرف تاريخ كل ثقافة في العالم، وتفهم الهندسة المعمارية في كل مدينة. قائمة الأشياء

التي يمكن للبشر القيام بها بشكل جماعي كبيرة جداً بحيث لا يمكن لأي آلة أن تتفوق على الأداء البشري في كل مجال.

الذكاء الخارق هو أيضاً مستحيل لأن ما نعرفه عن العالم يتغير ويتوسع باستمرار؛ على سبيل المثال، تخيل أن بعض العلماء يكتشفون وسيلة جديدة للاتصال الكمي، والتي تتيح الإرسال الفوري عبر مسافات شاسعة. في البداية، كان البشر الذين قاموا بهذا الاكتشاف هم وحدهم من يعرفون عنه؛ إذا كان الاكتشاف يعتمد على نتيجة تجريبية، فلا أحد - ولا آلة، مهما كانت ذكية - بإمكانه التفكير فيها. ما لم تفترض أن الآلات قد حلت محل جميع العلماء في العالم - وجميع الخبراء البشريين في كل مجال - فسيكون بعض البشر دائماً أكثر خبرة في بعض الأشياء من الآلات؛ هذا هو العالم الذي نعيش فيه اليوم، لا يوجد إنسان يعرف كل شيء، هذا ليس لأنه لا يوجد أحد ذكي بما فيه الكفاية، ذلك لأنه لا يمكن لأي شخص أن يكون في كل مكان ويفعل كل شيء، وينطبق الشيء نفسه على الآلات الذكية.

لاحظ أن معظم نجاحات تقنية الذكاء الاصطناعي الحالية تتعلق بمشاكل ثابتة؛ لا تتغير بمرور الوقت ولا تتطلب التعلم المستمر؛ على سبيل المثال، قواعد غو ثابتة، فالعمليات الحسابية التي تقوم بها الآلة الحاسبة لا تتغير. حتى الأنظمة التي تسمي الصور يتم تدريبها واختبارها باستخدام مجموعة ثابتة من الملصقات. بالنسبة إلى المهام الثابتة مثل هذه، لا يمكن للحل المخصص أن يتفوق على البشر فحسب، بل يفعل ذلك إلى أجل غير مسمى. مع ذلك، فإن العالم بمعظمه ليس ثابتاً، والمهام التي نحتاج لأدائها تتغير باستمرار. في مثل هذا العالم، لا يمكن لأي إنسان أو آلة أن تتمتع بميزة دائمة في أي مهمة، ناهيك عن جميع المهام.

يصف الأشخاص الذين يخشون حدوث انفجار الذكاء الاصطناعي كما لو أنه يمكن إنشاؤه بواسطة وصفة لم يتم اكتشافها بعد أو بواسطة مكون سري، وبمجرد معرفة هذا المكون السري، يمكن استخدامه بكميات أكبر، وهذا ما سيجعل من آلات فائقة الذكاء؛ أنا أتفق مع الفرضية الأولى. المكون السري، إذا صح التعبير، هو أن الذكاء يُنشأ من خلال آلاف النماذج الصغيرة من العالم، حيث يستخدم كل نموذج أُطراً مرجعية لتخزين المعرفة وابتكار السلوكيات. ومع ذلك، فإن إضافة هذا المكون إلى الآلات لا تنقل أي قدرات فورية، لأنه يقتصر على توفير ركيزة للتعلم، ويمنح الآلات القدرة على تعلم نموذج للعالم، وبالتالي اكتساب المعرفة والمهارات. على موقد المطبخ يمكنك تشغيل مقبض لزيادة الحرارة، ولا يوجد مقبض مكافئ «لزيادة معرفة» الآلة.

تهديد عدم محاذاة الهدف

من المفترض أن يحصل هذا التهديد عندما تسعى آلة ذكية إلى تحقيق هدف ضار بالبشر ولا نستطيع إيقاف هذه الآلة؛ ففي بعض الأحيان، يُشار إلى هذه المشكلة بـ «الساحر المبتدئ». في قصة غوته، يسحر ساحر مبتدئ مكنسة لجلب الماء، لكنه يُدرك بعد ذلك أنه لا يعرف كيف يمنع المكنسة من جلب الماء، فيحاول قطع المكنسة بفأس، الأمر الذي يؤدي فقط إلى المزيد من المكانس والمياه. القلق هو أن آلة ذكية قد تفعل بالمثل ما نطلبه منها، ولكن عندما نطلب من الآلة التوقف، فإنها ترى ذلك عقبة أمام إكمال الطلب الأول، فتذهب الآلة إلى أي طول لمتابعة الهدف الأول. من أحد الأمثلة التي نوقشت بشكل شائع لمشكلة عدم محاذاة الهدف هو مطالبة الآلة بتعظيم إنتاج مشابك الورق، فبمجرد أن تبدأ الآلة في متابعة هذه المهمة، لا شيء يمكن أن يوقفها؛ تحول كل موارد الأرض إلى مشابك ورقية.

يعتمد تهديد محاذاة الهدف على فرضيتين غير محتملين: أولاً، على الرغم من قبول الآلة الذكية لطلبنا الأول، فإنها تتجاهل الطلبات اللاحقة، وثانياً، الآلة الذكية قادرة على الاستيلاء على الموارد الكافية للحيلولة دون تمكن البشر من إيقافها.

كما سبق لي أن أشرت أكثر من مرة، الذكاء هو القدرة على تعلم نموذج للعالم، مثل الخريطة، يمكن للنموذج أن يرشدك إلى كيفية تحقيق شيئٍ ما، ولكن ليس للنموذج أهداف أو دوافع بمفرده. نحن، مصممو الآلات الذكية، علينا أن نبذل قصارى جهدنا لتحديد الدوافع والأهداف؛ فلماذا نصمم آلة تقبل طلبنا الأول وتتجاهل كل الطلبات الأخرى بعد ذلك؟ من المحتمل أن يكون هذا مثل تصميم سيارة ذاتية القيادة، بمجرد أن تخبرها بالمكان الذي تريد الذهاب إليه، تتجاهل أي طلبات أخرى كالتوقف أو الذهاب إلى مكان آخر. علاوة على ذلك، يفترض أننا صممنا السيارة بحيث تغلق جميع الأبواب وتفصل عجلة القيادة، ودواسة الفرامل، وزر الطاقة، وما إلى ذلك؛ لاحظ أن السيارة ذاتية القيادة لن تضع أهدافاً من تلقاء نفسها. بالطبع، يمكن لأي شخص أن يصمم سيارة تسعى لتحقيق أهدافها الخاصة وتتجاهل طلبات البشر، فهكذا سيارة قد تسبب ضرراً، ولكن حتى لو صمم شخص ما مثل هذه الآلة، فلن تكون تهديداً وجودياً دون تلبية المطلب الثاني.

المطلب الثاني لخطر عدم محاذاة الهدف هو أن الآلة الذكية يمكنها الاستيلاء على موارد الأرض لتحقيق أهدافها، أو بطريقة أخرى تمنعنا من إيقافها؛ من الصعب تخيل كيف يمكن أن يحدث هذا؛ وللقيام بذلك يتطلب أن تتحكم الآلة في الغالبية العظمى من الاتصالات، والإنتاج، والنقل في العالم، ومن الواضح أن السيارة الذكية المارقة لا تستطيع فعل ذلك، فالابتزاز هو الوسيلة المتاحة للآلة الذكية لمنعنا من إيقافها. على سبيل المثال، إذا وضعنا آلة ذكية مسؤولة عن الأسلحة النووية، فيمكن للآلة أن تقول: «إذا حاولت إيقافي، فسوف أُفجر كل الأسلحة»، أو إذا كانت الآلة تسيطر على معظم الإنترنت، فقد تهدد ببث الفوضى من خلال تعطيل الاتصالات والتجارة.

لدينا مخاوف مماثلة مع البشر، ولهذا السبب لا يمكن لأي شخص أو كيان بمفرده التحكم في الإنترنت بالكامل وهذا هو السبب الكامن وراء اشتراط أن يكون أمر إطلاق الصواريخ النووية صادراً من عدة أشخاص. لن تطور الآلات الذكية أهدافاً غير متوازنة إلا إذا بذلنا جهوداً كبيرة لمنحها تلك القدرة؛ حتى وإن فعلت ذلك، لا يمكن لأي آلة أن تستولي على موارد العالم ما لم نسمح بذلك، فنحن لا ندع إنساناً واحداً، أو حتى عدداً قليلاً من البشر، يتحكمون في موارد العالم، فما بالك بالآلات؟ نحن بحاجة إلى أن نكون حذرين بالمثل مع الآلات.

الحجة المضادة

أنا واثق من أن الآلات الذكية لا تشكل تهديداً وجودياً للبشرية؛ تقول الحجة المضادة الشائعة: لقد شعر السكان الأصليون عبر التاريخ بالأمان على نحو مماثل، ولكن عندما ظهر الأجانب بأسلحة وتكنولوجيا متفوقة، تم التغلب على السكان الأصليين وتدميرهم، وهم يجادلون بأننا ضعفاء بالمثل، ولا يمكننا الوثوق بإحساسنا بالأمن؛ لا يمكننا أن نتخيل إلى أي مدى يمكن مقارنة الآلات الأكثر ذكاءً وسرعةً وقدرةً بنا، وبالتالي نحن معرضون للخطر.

هناك بعض الحقيقة في هذه الحجة؛ ستكون بعض الآلات الذكية أكثر ذكاءً وأسرع من البشر؛ فقضية القلق تعود إلى الحافز. هل تريد الآلات الذكية الاستيلاء على الأرض، أو إخضاعنا، أو القيام بأي شيء قد يؤذينا؟ نشأ تدمير ثقافات السكان الأصليين من دوافع الغزاة، والتي تضمنت الجشع والرغبة في الهيمنة؛ هذه هي محركات الأدمغة القديمة؛ لقد ساعدت التكنولوجيا الفائقة الغزاة، لكنها لم تكن السبب الجذري لما حصل.

مرة أخرى، لن يكون للآلات الذكية مشاعر ودوافع شبيهة بالإنسان ما لم نمنحها إياها عن قصد، فالرغبات والأهداف والعدوان لا تظهر بطريقة سحرية عندما يكون هناك شيء ذكي، ولدعم وجهة نظري، ضع في اعتبارك أن أكبر خسارة في أرواح السكان الأصليين لم يتسبب فيها الغزاة بشكل مباشر، ولكن بسبب الأمراض المستحدثة؛ البكتيريا والفيروسات التي كانت لدى السكان الأصليين دفاعات فقيرة أو ليس لديهم دفاعات عنها. لقد كان الغزاة قتلة حقيقيين؛ كانوا كائنات بسيطة لديها دافع للتكاثر وليس لديها تكنولوجيا متقدمة.

أعتقد أن استنساخ الذات يمثل تهديداً للإنسانية أكبر بكثير من الذكاء الآلي؛ فإذا أراد شخص سيئ صنع شيء لقتل جميع البشر، فإن الطريقة الأضمن للقيام بذلك هي تصميم فيروسات وبكتيريا جديدة شديدة العدوى والتي لا تستطيع أنظمتنا المناعية الدفاع ضدها. من الممكن نظرياً أن يتمكن فريق مارق من

العلماء والمهندسين من تصميم آلات ذكية تستطيع تكرار أنفسها، وستحتاج الآلات أيضاً إلى أن تكون قادرة على عمل نسخ من نفسها دون تدخل محتمل من البشر. تبدو هذه الأحداث غير مرجحة إلى حد كبير، وحتى إن حصلت، فلن يحدث أي منها بسرعة. النقطة المهمة هي أن أي شيء قادر على التكاثر الذاتي، وخاصة الفيروسات والبكتيريا، هو تهديد وجودي محتمل، والذكاء لا يستطيع القيام بذلك من تلقاء نفسه.

لا يمكننا معرفة المستقبل، وبالتالي لا يمكننا توقع جميع المخاطر المرتبطة بالذكاء الآلي، تماماً كما لا يمكننا توقع جميع المخاطر لأي تقنية جديدة أخرى. لكن في الوقت الذي نمضي فيه قدماً ونناقش المخاطر مقابل مكافآت الذكاء الآلي، أوصي بالاعتراف بالتمييز بين ثلاثة أشياء: التكاثر، والدوافع، والذكاء.

- التكاثر: أي شيء قادر على التكاثر ذاتياً هو خطر؛ يمكن القضاء على البشرية بواسطة فيروس بيولوجي، إذ يمكن أن يتسبب فيروس الحاسوب في تعطيل الإنترنت. لن تتمتع الآلات الذكية بالقدرة أو الرغبة في التكاثر الذاتي ما لم يبذل البشر جهوداً كبيرة لتحقيق ذلك.

- الدوافع: الدوافع والدوافع البيولوجية هي نتيجة للتطور؛ اكتشف التطور أن الحيوانات التي لديها دوافع معينة تتكاثر بشكل أفضل من الحيوانات الأخرى؛ إن الآلة التي لا تتكاثر أو تتطور لن تنمي فجأة الرغبة في الهيمنة على الآخرين أو استعبادهم على سبيل المثال.

- الذكاء: من بين الثلاثة، يعتبر الذكاء هو الأكثر اعتدالاً؛ لن تقوم الآلة الذكية من تلقاء نفسها بالتكاثر الذاتي، ولن تقوم تلقائياً بتطوير الدوافع. سيتعين علينا أن نبذل قصارى جهدنا لتصميم الدوافع التي نريد أن تمتلكها الآلات الذكية، ولكن، ما لم تكن الآلات الذكية تتكاثر وتتطور بنفسها، فلن تمثل بمفردها خطراً وجودياً على البشرية.

لا أريد أن أترك انطباعاً بأن الذكاء الآلي ليس خطيراً؛ مثل أي تقنية قوية، يمكن أن تسبب ضرراً كبيراً إذا استخدمها البشر بنية سيئة. مرة أخرى، تخيل فقط ملايين الأسلحة الذكية المستقلة أو تستخدم آلات ذكية للدعاية والسيطرة السياسية. ماذا يجب أن نفعل بهذا الخصوص؟ هل يجب أن نفرض حظراً على البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي؟ قد يكون ذلك صعباً، لكنه قد يتعارض أيضاً مع مصالحنا. سوف يفيد الذكاء الآلي المجتمع بشكل كبير، وكما سأناقش في القسم التالي من الكتاب، فقد يكون ضرورياً لبقائنا على المدى الطويل. في الوقت الحالي، يبدو أن أفضل خيار لدينا هو العمل الجاد لعقد اتفاقيات دولية قابلة للتنفيذ بشأن ما هو مقبول وما هو غير مقبول، على غرار الطريقة التي نتعامل بها مع الأسلحة الكيميائية.

غالباً ما يتم مقارنة ذكاء الآلة بجنيٍّ في قمقم، فبمجرد إطلاقه، لا يمكن إعادته، وسنفقد بسرعة قدرتنا على التحكم فيه. ما وددت أن أشرحه في هذا الفصل هو أن هذه المخاوف لا أساس لها؛ لن نفقد السيطرة، ولن يحدث شيء بسرعة، كما يخشى مؤيدو انفجار الذكاء الاصطناعي، فإذا بدأنا الآن، فلدينا متسع من الوقت لفرز المخاطر والمكافآت والتفكير في الطريق التي نريد أن نمضي فيها.

في القسم التالي والأخير من الكتاب، نلقي نظرة على المخاطر والفرص الوجودية للذكاء البشري.

القسم الثالث
الذكاء البشري

نحن في نقطة انعطاف في تاريخ الأرض، وهي فترة تغيّر سريع ودراماتيكي في كل من الكوكب وأشكال الحياة التي تسكنه. يتغير المناخ بسرعة كبيرة لدرجة أنه من المحتمل أن يجعل بعض المدن غير صالحة للسكن، ومناطق زراعية كبيرة قاحلة في المئة عام القادمة. تنقرض الأنواع بمثل هذا المعدل السريع الذي يسميه بعض العلماء سادس أكبر حدث انقراض في تاريخ الأرض؛ الذكاء البشري هو سبب هذه التغيرات السريعة.

ظهرت الحياة على الأرض منذ حوالى 3.5 مليارات سنة، فمنذ البداية، حَكم المسار الذي سلكته الحياة الجينات والتطور، ولا توجد خطة أو اتجاه مرغوب فيه للتطور، فقد تطورت الأنواع وانقرضت بناءً على قدرتها على وضع نسخ الجينات في الأولاد؛ كانت الحياة مدفوعة بالبقاء التنافسي والإنجاب.

سمح ذكاؤنا لجنسنا - الإنسان العاقل - بالازدهار والنجاح، ففي غضون مائتي عام فقط - وهي لحظة قريبة من الزمن الجيولوجي - ضاعفنا متوسط العمر المتوقع، وعالجنا العديد من الأمراض، وأنقذنا الغالبية العظمى من البشر من الجوع؛ لقد أصبحت حياتنا الآن أكثر صحة وراحة وأصبحنا نبذل جهوداً أقل من أسلافنا.

لقد كان البشر أذكياء لمئات الآلاف من السنين، فلماذا التغيير المفاجئ في ثرواتنا؟ الجديد هو الارتفاع الأخير والسريع في اكتشافاتنا التكنولوجية والعلمية، والتي سمحت لنا بإنتاج الغذاء بكثرة، والقضاء على الأمراض، ونقل البضائع إلى أي مكان تشتد فيه الحاجة إليه.

لكن مع نجاحنا أوجدنا المشاكل؛ لقد ارتفع عدد سكاننا من مليار، منذ مائتي عام، إلى ما يقارب الثمانية مليارات اليوم. يوجد الكثير منا - البشر- لدرجة أننا نلوث كل جزء من الكوكب، فمن الواضح الآن أن تأثيرنا البيئي شديد لدرجة أنه سيؤدي، على الأقل، إلى تشريد مئات الملايين من الناس؛ في أسوأ الأحوال، سنجعل الأرض غير صالحة للسكن؛ فالمناخ ليس شاغلنا الوحيد. تتيح بعض تقنياتنا، مثل

الأسلحة النووية وتحرير الجينات، إمكانية قتل عدد صغير من الناس لمليارات الآخرين.

كان ذكاؤنا مصدر نجاحنا، لكنه أصبح يُشكل تهديداً وجودياً؛ ستحدد الطريقة التي نتصرف بها في السنوات القادمة ما إذا كان صعودنا المفاجئ سيؤدي إلى انهيار مفاجئ؛ أو بالتناوب، إذا خرجنا من هذه الفترة من التغيير السريع في مسار مستدام. هذه هي المواضيع التي سأناقشها في الفصول المتبقية من الكتاب.

سأبدأ بالنظر في المخاطر الكامنة المرتبطة بذكائنا وكيف يتم تنظيم أدمغتنا؛ من هذه القاعدة، سأناقش الخيارات المختلفة التي قد نتبعها والتي ستزيد من فرص بقائنا على المدى الطويل، سأناقش المبادرات والمقترحات الحالية، وأتطلع إليها من منظور نظرية الدماغ، وفي غضون ذلك سأناقش الأفكار الجديدة التي أعتقد أنه ينبغي النظر فيها، ولكن، على حد علمي، لم تدخل الخطاب السائد.

هدفي ليس وصف ما يجب علينا القيام به، بل تشجيع النقاش حول القضايا التي أعتقد أنه لا يتم مناقشتها بشكل كافٍ. يتيح فهمنا الجديد للدماغ الفرصة لإلقاء نظرة جديدة على المخاطر والفرص التي نواجهها؛ قد يكون بعض ما أتحدث عنه مثيراً للجدل بعض الشيء، لكن هذا ليس هدفي، فأنا أحاول تقديم تقييم صادق وغير متحيز للموقف الذي نجد أنفسنا فيه، واستكشاف ما يمكن أن نفعله حيال ذلك.

الفصل الثاني عشر
معتقدات خاطئة

عندما كنت مراهقاً، كنت وأصدقائي مفتونين بفرضية الدماغ في وعاء؛ هل يمكننا وضع أدمغتنا في أوعية من المغذيات التي تبقيها حية، بينما المدخلات والمخرجات متصلة بحاسوب؟ تقترح فرضية الدماغ في وعاء إمكانية أن العالم الذي نعتقد أننا نعيش فيه قد لا يكون العالم الحقيقي، بل هو عالم وهمي يحاكيه حاسوب. على الرغم من أنني لا أعتقد أن أدمغتنا متصلة بحاسوب، فإن ما يحدث يكاد يكون غريباً. العالم الذي نعتقد أننا نعيش فيه ليس العالم الحقيقي؛ إنها محاكاة للعالم الحقيقي، وهذا يؤدي إلى مشكلة، فما نعتقده في كثير من الأحيان غير صحيح.

دماغك موجود في صندوق؛ الجمجمة. لا توجد أجهزة استشعار في الدماغ نفسه، لذا، فإن الخلايا العصبية التي يتكون منها دماغك تجلس في الظلام معزولةً عن العالم الخارجي، فالطريقة الوحيدة التي يعرف بها دماغك أي شيء عن الواقع هي من خلال الألياف العصبية الحسية التي تدخل الجمجمة. تبدو الألياف العصبية القادمة من العينين والأذنين والجلد متشابهة، كما أن الأشواك التي تنتقل عبرها متطابقة، إذ لا يوجد ضوء أو صوت يدخل إلى الجمجمة، فقط تموجات كهربائية.

يرسل الدماغ أيضاً أليافاً عصبية إلى العضلات، والتي تحرك الجسم وأجهزة الاستشعار الخاصة به، وبالتالي تغير أي جزء من العالم يستشعره الدماغ، فمن خلال الاستشعار والتحرك والاستشعار والتحرك بشكل متكرر، يتعلم دماغك نموذجاً للعالم خارج الجمجمة.

لاحظ مرة أخرى أنه لا يوجد ضوء أو لمس أو صوت يدخل إلى الدماغ. لا تأتي أي من التصورات التي تشكل خبراتنا الذهنية - من غموض حيوان أليف، إلى تنهد الصديق، إلى ألوان أوراق الخريف - من خلال الأعصاب الحسية، فالأعصاب ترسل فقط السبلات، وبما أننا لا نشعر بهذه السبلات، فكل ما ندركه يجب أن يكون مصطنعاً داخل الدماغ، حتى أبسط ما نشعر به من الضوء والصوت واللمس هي من إبداعات الدماغ؛ فهي موجودة فقط في نموذجها للعالم.

قد تعترض على هذا التوصيف؛ بعد كل شيء، ألا تمثل السبلات الضوء والصوت؟ بلى، نوعاً ما. هناك خصائص للكون، مثل الإشعاع الكهرومغناطيسي وموجات الضغط للجزيئات الغازية، يمكننا الشعور بها. تقوم أعضاؤنا الحسية بتحويل هذه الخصائص إلى سبلات عصبية، والتي يتم تحويلها بعد ذلك إلى إدراكنا للضوء والصوت، لكن الأعضاء الحسية لا تشعر بكل شيء، فعلى سبيل المثال، يوجد الضوء في العالم الحقيقي على نطاق واسع من الترددات، لكن أعيننا حساسة فقط لشظية صغيرة من هذا النطاق، وبالمثل، فإن آذاننا لا تكتشف إلا الأصوات في نطاق ضيق من الترددات الصوتية، لذلك، لا يمكن أن يمثل إدراكنا للضوء والصوت سوى جزء مما يحدث في الكون. فإذا استطعنا استشعار جميع ترددات الإشعاع الكهرومغناطيسي، فسنشاهد البث الإذاعي والرادار وسيكون لدينا رؤية بالأشعة السينية. مع أجهزة الاستشعار المختلفة، قد يؤدي الكون نفسه إلى تجارب إدراكية مختلفة.

النقطتان المهمتان هما أن الدماغ يعرف فقط مجموعة فرعية من العالم الحقيقي، وأن ما ندركه هو نموذجنا للعالم، وليس العالم نفسه. في هذا الفصل، سأستكشف كيف تؤدي هذه الأفكار إلى معتقدات خاطئة، وماذا يمكننا أن نفعل حيال ذلك، إذا كان هناك أي شيء.

نحن نعيش في محاكاة

تمثل الخلايا العصبية النشطة ما نفكر فيه وندركه حالياً، ولكن الأهم من ذلك، أن هذه الأفكار والتصورات مرتبطة بنموذج الدماغ للعالم، وليس العالم المادي خارج الجمجمة. لذلك، فإن العالم الذي ندركه هو محاكاة للعالم الحقيقي.

أعلم أننا لا نشعر وكأننا نعيش في محاكاة، بل يبدو الأمر كما لو أننا ننظر مباشرة إلى العالم، نلمسه ونشعر به. على سبيل المثال، من الشائع الاعتقاد بأن العيون مثل الكاميرا؛ يتلقى الدماغ صورة من العين، وهذه الصورة هي ما نراه، فعلى الرغم من أنه من الطبيعي التفكير بهذه الطريقة، إلا أنه ليس صحيحاً. تذكر أنه في صفحات سابقة من الكتاب شرحت كيف أن إدراكنا البصري مستقر وموحد، على الرغم من أن المدخلات من العين مشوهة ومتغيرة. الحقيقة هي أننا ندرك نموذجنا للعالم، وليس العالم نفسه أو السبلات سريعة التغير التي تدخل الجمجمة. بينما نمضي في يومنا هذا، تستدعي المدخلات الحسية للدماغ الأجزاء المناسبة من نموذج عالمنا، لكن ما ندركه وما نعتقد أنه يحدث هو النموذج؛ فواقعنا مشابه لفرضية الدماغ في الحوض. نحن نعيش في عالم محاكاة، لكنه ليس في حاسوب بل في رؤوسنا.

هذه الفكرة غير التقليدية تستحق مراجعة العديد من الأمثلة؛ فلنبدأ بإدراك الموقع. لا تنقل الألياف العصبية التي تمثل الضغط على طرف الإصبع أي معلومات بشأن مكان الإصبع، بل إن الألياف العصبية

عند أطراف الأصابع تستجيب بالطريقة نفسها سواء أكان إصبعك يلمس شيئاً أمامك أو إلى جانبك، ومع ذلك، فأنت تدرك أن حاسة اللمس موجودة في مكان ما بالنسبة إلى جسمك؛ يبدو هذا طبيعياً لدرجة أنك ربما لم تسأل أبداً عن كيفية حدوثه. كما ناقشت سابقاً، الإجابة هي أن هناك أعمدة قشرية تمثل كل جزء من جسمك، وتوجد في تلك الأعمدة خلايا عصبية تمثل موقع ذلك الجزء من الجسم؛ ترى إصبعك في مكان ما لأن الخلايا التي تمثل موقع إصبعك تشير إلى ذلك.

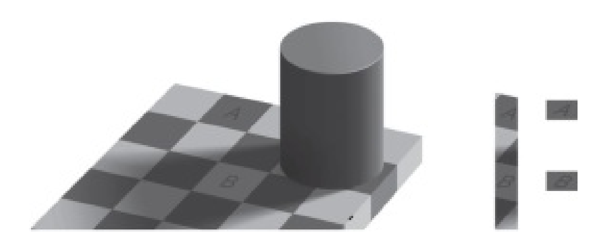
يمكن أن يكون النموذج مخطئاً؛ على سبيل المثال، غالباً ما يدرك الأشخاص الذين فقدوا أحد الأطراف أن الطرف المفقود لا يزال موجوداً، إذ يشتمل نموذج الدماغ على مكان للطرف المفقود، لذلك، على الرغم من أن الطرف لم يعد موجوداً، فإن المريض يدركه ويشعر أنه لا يزال مرتبطاً، ويمكن للطرف الوهمي «التحرك» في أوضاع مختلفة. قد يقول مبتورو الأطراف إن أذرعهم المفقودة إلى جانبهم، أو إن سيقانهم المفقودة مثنية أو مستقيمة، فهم بإمكانهم أن يشعروا بأحاسيس، مثل الحكة أو الألم، في مواقع معينة على الطرف، وتكون هذه الأحاسيس «بالخارج» حيث يُنظر إلى الطرف على أنه موجود، ولكن، جسدياً، لا يوجد شيء. يشتمل نموذج الدماغ على الطرف، لذا، سواء أكان صواباً أم خطأ، فهذا هو ما يُدرك.

بعض الناس لديهم مشكلة معاكسة؛ لديهم طرف طبيعي لكنهم يشعرون أنه لا ينتمي إليهم، ولأنه يبدو غريباً، فقد يرغبون في إزالة طرفه. من غير المعروف لماذا يشعر بعض الناس أن أحد الأطراف لا ينتمي إليهم، لكن التصور الخاطئ متجذر بالتأكيد في نموذجهم للعالم الذي لا يحتوي على تمثيل طبيعي للطرف. إذا كان نموذج دماغك لجسمك لا يتضمن ساقاً يسرى، فلن تعتبر هذه الساق جزءاً من جسمك. سيكون مثل شخص ما يلصق فنجان قهوة على مرفقك؛ قد ترغب في إزالته في أقرب وقت ممكن.

حتى تصور الشخص الطبيعي تماماً لجسده يمكن أن ينخدع؛ فوهم اليد المطاطية هي لعبة جماعية حيث يمكن للشخص أن يرى يداً مطاطية، ولكن ليست يده الحقيقية، وعندما يقوم شخص آخر بضرب اليد المطاطية واليد الحقيقية المظلمة، سيبدأ الموضوع في إدراك أن اليد المطاطية هي في الواقع جزء من جسمه.

توضح هذه الأمثلة لنا أن نموذجنا للعالم قد يكون غير صحيح، إذ يمكننا أن ندرك أشياء غير موجودة - مثل الطرف الوهمي - ويمكن أن ندرك بشكل غير صحيح الأشياء الموجودة؛ مثل الطرف الغريب واليد المطاطية. هذه أمثلة حيث يكون نموذج الدماغ خاطئاً بشكل واضح وبطريقة ضارة؛ فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون ألم الأطراف الوهمية منهكاً، ومع ذلك، فليس من غير المألوف أن يختلف نموذج الدماغ مع مدخلات الدماغ، ففي معظم الحالات، هذا مفيد.

الصورة التالية، التي أنشأها إدوارد أديلسون، هي مثال قوي على الاختلاف بين نموذج الدماغ للعالم - ما تدركه - وما تشعر به. في الشكل الموجود إلى اليسار، يبدو المربع المسمى A داكناً أكثر من المربع المسمى B، ومع ذلك، فإن المربعين A وB متطابقان. قد تقول لنفسك، «هذا غير ممكن. بالتأكيد A داكن أكثر من B»؛ لكن ستكون مخطئاً. أفضل طريقة للتحقق من أن A و B متماثلان هي عن طريق حجب جميع الأجزاء الأخرى من الصورة بحيث يظل هذان المربعان فقط مرئيين، وبعد ذلك سترى أن A و B هما الظل المتماثل. لمساعدتك، أقوم بتضمين مقطعين من الصورة الرئيسية؛ يكون التأثير أقل وضوحاً في الشريحة ويكون مفقوداً تماماً عند رؤية المربعين A و B فقط.



إن وصف هذا بالوهم يعني الإيحاء بأن الدماغ يُخدع، لكن العكس هو الصحيح، إذ يدرك دماغك بشكل صحيح لوحة الشطرنج ولا ينخدع بالظل، فنمط رقعة الشطرنج هو نمط رقعة الشطرنج، بغض النظر عما إذا كان عليه ظل. يقول نموذج الدماغ أن أنماط رقعة الشطرنج لها مربعات داكنة وأخرى فاتحة بالتناوب، وهذا ما تدركه، على الرغم من أن الضوء القادم من مربع «داكن» ومربع «فاتح» متطابق في هذه الحالة.

عادة ما يكون نموذج العالم الموجود في دماغنا دقيقاً، وعادةً ما تلتقط بنية الواقع بشكل مستقل عن وجهة نظرنا الحالية والبيانات المتضاربة الأخرى، مثل الظل على رقعة الشطرنج، ومع ذلك، يمكن أن يكون نموذج الدماغ للعالم خاطئاً تماماً.

معتقدات خاطئة

المعتقد الخاطئ هو عندما يعتقد نموذج الدماغ أن شيئاً ما غير موجود في العالم المادي؛ فكر في الأطراف الوهمية مرة أخرى؛ إننا نشعر بالطرف الوهمي بسبب وجود أعمدة في القشرة المخية الحديثة تشكل هذا الطرف؛ تحتوي هذه الأعمدة على خلايا عصبية تمثل موقع الطرف بالنسبة إلى الجسم، وبعد إزالة الطرف، تظل هذه الأعمدة موجودة، ويظل لديها نموذج للطرف، لذلك يعتقد المريض أن الطرف لا يزال في وضع ما، على الرغم من عدم وجوده في العالم المادي. الطرف الوهمي هو مثال على المعتقد

الخاطئ. (عادة ما يختفي تصور الطرف الوهمي خلال بضعة أشهر حيث يقوم الدماغ بتعديل نموذجه للجسم، ولكن بالنسبة إلى بعض الناس يمكن أن يستمر لسنوات).

فكّر الآن في نموذج خاطئ آخر؛ يعتقد بعض الناس أن العالم مسطح، فلعشرات الآلاف من السنين، كانت تجارب كل إنسان متسقة مع كون العالم مسطحاً؛ إن انحناء الأرض طفيف لدرجة أنه لم يكن من الممكن اكتشافه. هناك بعض التناقضات الدقيقة، مثل كيفية اختفاء هيكل السفينة في الأفق قبل الصواري، ولكن من الصعب رؤية ذلك حتى مع وجود رؤية ممتازة. النموذج الذي يقول إن الأرض مسطحة لا يتوافق فقط مع أحاسيسنا، ولكنه نموذج جيد للتصرف في العالم. على سبيل المثال، أحتاج اليوم إلى المشي من مكتبي إلى المكتبة لإعادة كتاب؛ التخطيط لرحلتي إلى المكتبة باستخدام نموذج الأرض المسطحة يعمل جيداً؛ لست مضطراً للنظر في انحناء الأرض للتحرك في جميع أنحاء المدينة، أما في ما يتعلق بالبقاء اليومي، فإن نموذج الأرض المسطحة هو نموذج جيد تماماً، أو على الأقل كان كذلك حتى وقت قريب. اليوم، إذا كنت رائد فضاء، أو قبطان سفينة، أو حتى شخصاً كثير الأسفار، فإن الاعتقاد بأن الأرض مسطحة يمكن أن يكون له عواقب وخيمة ومميتة، فإذا لم تكن مسافراً لمسافات طويلة، فلا يزال نموذج الأرض المسطحة يعمل جيداً في الحياة اليومية.

لماذا لا يزال بعض الناس يعتقدون أن الأرض مسطحة؟ كيف يحافظون على نموذج الأرض المسطحة بوجود مدخلات حسية معاكسة، مثل صور الأرض من الفضاء أو روايات المستكشفين الذين عبروا القطب الجنوبي؟

تذكر أن القشرة المخية الحديثة لا تكفّ عن التوقع؛ فالتوقعات هي الطريقة التي يختبر فيها الدماغ ما إذا كان نموذجه للعالم صحيحاً؛ يشير التوقع غير الصحيح إلى وجود خطأ ما في النموذج ويحتاج إلى إصلاح، ويتسبب التوقع غير الصحيح في إطلاق نشاط في القشرة المخية الحديثة، مما يوجه انتباهنا إلى المدخلات التي تسببت في حدوث الخطأ. من خلال الاهتمام بالمدخلات التي تم توقعها بشكل خاطئ، تعيد القشرة المخية الحديثة تعلم ذلك الجزء من النموذج. في النهاية، يؤدي هذا إلى تعديل نموذج الدماغ ليعكس العالم بشكل أكثر دقة؛ فإصلاح النموذج مدمج في القشرة المخية الحديثة، وعادة ما يعمل بشكل موثوق.

يتطلب التمسك بنموذج خاطئ، مثل الأرض المسطحة، رفض الأدلة التي تتعارض مع نموذجك. يقول المؤمنون بأن الأرض مسطحة أنهم لا يثقون في كل الأدلة التي لا يمكنهم الشعور بها بشكل مباشر، إذ يمكن أن تكون الصورة مزيفة، وأن كل الناس الذين أرسلوا إلى القمر في ستينيات القرن الماضي من إنتاج هوليوود. إذا حددت ما تؤمن به بالأشياء التي يمكنك تجربتها مباشرة، ولم تكن رائد فضاء، فإن نموذج الأرض المسطحة هو ما ستنتهي به. وللحفاظ على نموذج خاطئ، فمن المفيد أيضاً أن تحيط نفسك بأشخاص آخرين لديهم المعتقدات الخاطئة نفسها، مما يزيد من احتمالية أن تكون المدخلات التي تتلقاها

متوافقة مع نموذجك. تاريخياً، استلزم هذا عزل نفسك جسدياً في مجتمع من الأشخاص ذوي المعتقدات المتشابهة، ولكن يمكنك اليوم تحقيق نتيجة مماثلة من خلال مشاهدة مقاطع الفيديو على شبكة الإنترنت بشكل انتقائي.

ضع في اعتبارك تغير المناخ؛ هناك أدلة دامغة على أن النشاط البشري يؤدي إلى تغييرات واسعة النطاق في مناخ الأرض، وقد تؤدي هذه التغييرات، إذا لم يتم الحد منها، إلى وفاة و/أو تشريد مليارات الأشخاص. هناك نقاشات مشروعة حول ما يجب أن نفعله بشأن تغير المناخ، ولكن هناك الكثير من الناس الذين ينكرون حدوث ذلك ببساطة، إذ يقول نموذجهم عن العالم إن المناخ لا يتغير أو حتى إذا كان يتغير، فلا يوجد ما يدعو للقلق.

كيف يحافظ منكرو تغير المناخ على إيمانهم الخاطئ في مواجهة الأدلة المادية الجوهرية؟ إنهم مثل المؤمنين بالأرض المسطحة: فهم لا يثقون في معظم الناس، ويعتمدون فقط على ما يلاحظونه شخصياً أو ما يقوله لهم الآخرون ذوو التفكير المماثل، فإذا لم يتمكنوا من رؤية تغير المناخ، فهم لا يعتقدون أنه يحدث. تشير الدلائل إلى أن منكري تغير المناخ من المرجح أن يصبحوا مؤمنين بتغير المناخ إذا تعرضوا شخصياً لحدث طقس شديد أو فيضانات بسبب ارتفاع منسوب مياه البحار.

إذا كنت تعتمد فقط على تجاربك الشخصية، فمن الممكن أن تعيش حياة طبيعية إلى حد ما وتعتقد أن الأرض مسطحة، وأن الهبوط على القمر كان مزيفاً، وأن النشاط البشري لا يغير المناخ العالمي، وأن هذه الأنواع لا تتطور، وأن اللقاحات تسبب الأمراض.

نماذج العالم الفيروسية

بعض نماذج العالم فيروسية، وهذا يعني أن النموذج يجعل الدماغ المضيف يتصرف بطرق تنشر النموذج إلى أدمغة أخرى؛ فنموذج الطرف الوهمي ليس فيروسياً؛ إنه نموذج غير صحيح، لكنه منعزل في دماغ واحد، ونموذج الأرض المسطحة ليس فيروسياً أيضاً، لأن الحفاظ عليه يتطلب الوثوق فقط بتجاربك الشخصية؛ فالاعتقاد بأن الأرض مسطحة لا يجعلك تتصرف بطريقة تنشر إيمانك للآخرين.

تصف النماذج الفيروسية للعالم السلوكيات التي تنشر النموذج من دماغ إلى دماغ بأعداد متزايدة، فعلى سبيل المثال، يتضمن نموذجي العالمي الاعتقاد بأن كل طفل يجب أن يحصل على تعليم جيد، فإذا كان جزء من هذا التعليم هو تعليمَ أن كل طفل يستحق تعليماً جيداً، فسيؤدي هذا حتماً إلى المزيد والمزيد من الناس الذين يعتقدون أن كل طفل يستحق تعليماً جيداً. إن نموذجي للعالم، على الأقل الجزء المتعلق بالتعليم الشامل للطفولة، هو فيروسي، فسينتشر إلى المزيد والمزيد من الناس بمرور الوقت، لكن هل هذا

صحيح؟ من الصعب قول ذلك، لأن نموذجي لكيفية تصرف البشر ليس شيئاً مادياً، مثل وجود طرف أو انحناء الأرض. لدى أشخاص آخرين نموذج يفيد أن بعض الأطفال فقط هم الذين يستحقون تعليماً جيداً، ويتضمن نموذجهم تثقيف أطفالهم للاعتقاد بأنهم وحدهم، والأشخاص الذين مثلهم، يستحقون تعليماً جيداً، فهذا النموذج من التعليم الانتقائي هو أيضاً فيروسي، ويمكن القول إنه أفضل واحد لنشر الجينات. على سبيل المثال، سيحصل الأشخاص الذين حصلوا على تعليم جيد على وصول أفضل إلى الموارد المالية والرعاية الصحية، وبالتالي يكونون أكثر عرضة لنقل جيناتهم من أولئك الذين لديهم تعليم قليل أو معدوم. من وجهة نظر الداروينية، يعتبر التعليم الانتقائي إستراتيجية جيدة، طالما أن أولئك الذين لا يتلقون تعليماً لا يتمردون.

نماذج العالم الكاذبة والفيروسية

سننتقل الآن إلى أكثر أنواع النماذج العالمية إثارة للقلق: النماذج الفيروسية والخاطئة بشكل واضح. على سبيل المثال، لنفترض أن لدينا كتاب تاريخ يحتوي على العديد من الأخطاء الواقعية؛ يبدأ الكتاب بمجموعة من التعليمات للقارئ، تقول التعليمات الأولى: «كل شيء في هذا الكتاب صحيح، فتجاهل أي دليل يتعارض مع هذا الكتاب»، وتقول التعليمات الثانية: «إذا صادفت آخرين يعتقدون أيضاً أن هذا الكتاب صحيح، فعليك مساعدتهم في أي شيء يحتاجون إليه، والذين سيفعلون الشيء نفسه من أجلك»، أما التعليمات الثالثة فتقول: «أخبر كل الأشخاص حولك عن الكتاب، وإذا رفضوا تصديق صحة ما هو وارد فيه، فعليك إبعادهم أو قتلهم».

في البداية قد تقول: «من سيصدق هذا؟»، ومع ذلك، إذا كان عدد قليل من الناس يعتقدون أن الكتاب صحيح، فإن نماذج الدماغ التي تتضمن صحة الكتاب يمكن أن تنتشر بشكل فيروسي إلى عدد كبير من الأدمغة الأخرى بمرور الوقت. لا يصف الكتاب مجموعة من المعتقدات الخاطئة عن التاريخ فحسب، بل يصف أيضاً إجراءات محددة، حيث تدفع الأفعال الناس إلى نشر الإيمان بالكتاب، ومساعدة الآخرين الذين يؤمنون أيضاً بالكتاب، والقضاء على مصادر الأدلة المخالفة.

كتاب التاريخ هو مثال الميم؛ شرح عالم الأحياء ريتشارد دوكينز للمرة الأولى الميم وقال إنه شيء يتكرر ويتطور، مثل الجين، ولكن من خلال الثقافة. (في الآونة الأخيرة، تم تخصيص مصطلح «ميم» لتمثيل الصور على الإنترنت؛ أنا أستخدم الكلمة في تعريفها الأصلي). كتاب التاريخ هو في الواقع مجموعة من الميمات التي تتبادل الدعم، بالطريقة نفسها التي يستخدمها الكائن الفردي تم إنشاؤها بواسطة مجموعة من الجينات التي تتبادل الدعم. على سبيل المثال، يمكن اعتبار كل تعليمات فردية في الكتاب بمثابة ميمات.

الميمات في كتاب التاريخ لها علاقة تكافلية مع جينات الشخص الذي يؤمن بالكتاب. على سبيل المثال، يفرض الكتاب أن الأشخاص الذين يؤمنون بالكتاب يجب أن يحصلوا على دعم تفضيلي من المؤمنين الآخرين. هذا يجعل من المرجح أن يكون لدى المؤمنين أطفال أكثر بقوا على قيد الحياة (المزيد من نسخ الجينات)، وهذا بدوره يؤدي إلى المزيد من الناس الذين يعتقدون أن الكتاب صحيح (المزيد من نسخ الميمات).

تتطور الميمات والجينات، ويمكنهما فعل ذلك بطريقة تعزز بعضها البعض. على سبيل المثال، لنفترض أنه تم نشر نسخة مختلفة من كتاب التاريخ؛ يتمثل الاختلاف بين الإصدار الأصلي والإصدار الجديد في إضافة بعض الإرشادات الأخرى في بداية الكتاب، مثل «يجب أن تتجنب النساء أكبر عدد ممكن من الأطفال» و «لا تسمح للأطفال بالذهاب إلى المدارس حيث يمكنهم ذلك»؛ يوجد الآن كتابان عن التاريخ متداولان، الكتاب الأحدث، بتعليماته الإضافية، أفضل قليلاً في النسخ من الكتاب القديم. لذلك، مع مرور الوقت، سوف تهيمن. قد تتطور الجينات البيولوجية للمؤمنين بالمثل لاختيار الأشخاص الأكثر استعداداً لإنجاب العديد من الأطفال، أو الأكثر قدرة على تجاهل الأدلة التي تتعارض مع الكتاب، أو الأكثر استعداداً لإيذاء غير المؤمنين.

يمكن للنماذج الكاذبة للعالم أن تنتشر وتزدهر طالما أن المعتقدات الخاطئة تساعد المؤمنين على نشر جيناتهم؛ فكتاب التاريخ والأشخاص الذين يؤمنون به في علاقة تكافلية؛ في علاقة قائمة على المساعدة على التكرار، وعلى التطور بمرور الوقت بطريقة تعزز بعضها بعضاً. قد يكون كتاب التاريخ غير صحيح من الناحية الواقعية، لكن الحياة لا تتعلق بامتلاك نموذج صحيح للعالم، فالحياة تدور حول التكرار.

اللغة وانتشار المعتقدات الخاطئة

قبل اللغة، كان نموذج الفرد للعالم مقصوراً على الأماكن التي سافر إليها شخصياً والأشياء التي رأها شخصياً، فلا أحد يستطيع أن يعرف ما كان فوق سلسلة من التلال أو ما يحيط بها دون الذهاب إلى هناك، إذ يعد التعرف على العالم من خلال التجربة الشخصية موثوقاً بشكل عام.

مع ظهور اللغة، وسّع البشر نموذجهم للعالم ليشمل أشياء لا نلاحظها شخصياً؛ على سبيل المثال، على الرغم من أنني لم أذهب إلى هافانا مطلقاً، فإنه بإمكاني التحدث إلى الأشخاص الذين يزعمون أنهم كانوا هناك وقراءة ما كتبه الآخرون عنها. أعتقد أن هافانا مكان حقيقي، لأن الأشخاص الذين أثق بهم يخبرونني أنهم كانوا هناك وأن تقاريرهم متسقة. اليوم، الكثير مما نؤمن به عن العالم لا يمكن ملاحظته

بشكل مباشر، وبالتالي، فإننا نعتمد على اللغة للتعرف إلى هذه الظواهر، ويتضمن ذلك اكتشافات مثل الذرات، والجزيئات، والمجرات؛ وهي تتضمن عمليات بطيئة مثل تطور الأنواع والصفائح التكتونية، وهي تشمل أماكن لم نسافر إليها شخصياً، ولكننا نعتقد أنها موجودة، مثل كوكب نبتون، وفي حالتي، هافانا. إن انتصار الدماغ البشري، وتنوير جنسنا البشري، حصلا بسبب توسع نموذج عالمنا بما يتجاوز ما يمكننا ملاحظته مباشرة، إذ أصبح هذا التوسع في المعرفة ممكناً من خلال الأدوات ـ مثل السفن والمجاهر والتلسكوبات ـ وبواسطة أشكال مختلفة من الاتصال، مثل اللغة المكتوبة والصور.

لكن التعلم عن العالم بشكل غير مباشر من خلال اللغة ليس موثوقاً بنسبة مئة بالمئة على سبيل المثال، فمن الممكن ألا تكون هافانا مكاناً حقيقياً، ومن المحتمل أن الأشخاص الذين أخبروني عن هافانا يكذبون وينسقون معلوماتهم الخاطئة لخداعي. يُظهر كتاب التاريخ الخاطئ كيف يمكن للمعتقدات الخاطئة أن تنتشر من خلال اللغة حتى لو لم ينشر أحد معلومات مضللة عن عمد.

هناك طريقة واحدة فقط، نعرفها، لتمييز الأكاذيب عن الحقائق، وطريقة واحدة لمعرفة ما إذا كان نموذجنا للعالم يحتوي على أخطاء؛ هذه الطريقة هي البحث بنشاط عن أدلة تتعارض مع معتقداتنا. إن العثور على الدليل الذي يدعم معتقداتنا مفيد، ولكنه ليس نهائياً، ومع ذلك، فإن العثور على دليل مخالف هو دليل على أن النموذج الذي في أذهاننا ليس صحيحاً ويحتاج إلى تعديل. البحث الفعال عن أدلة لدحض معتقداتنا هو الأسلوب العلمي، وهو الطريقة الوحيدة التي نعرفها والتي يمكن أن تجعلنا أقرب إلى الحقيقة.

اليوم، في بداية القرن الحادي والعشرين، تنتشر المعتقدات الخاطئة في أذهان مليارات البشر، وهذا أمر مفهوم بالنسبة إلى الألغاز التي لم يتم حلها بعد. على سبيل المثال، من المفهوم أن الناس آمنوا بالأرض المسطحة قبل خمسمئة عام، لأن الطبيعة الكروية للكوكب لم تكن مفهومة على نطاق واسع، ولم يكن هناك دليل يذكر على أن الأرض لم تكن مسطحة. وبالمثل، من المفهوم أن هناك اليوم معتقدات مختلفة حول طبيعة الوقت ـ يجب أن تكون جميعها خاطئة باستثناء واحد ـ لأننا لم نكتشف بعد ما هو الوقت. لكن ما يزعجني هو أن المليارات من الناس ما زالوا يحملون معتقدات ثبت خطأها. على سبيل المثال، بعد ثلاثمئة عام من بداية عصر التنوير، لا يزال غالبية البشر يؤمنون بالأصول الأسطورية للأرض، وقد ثبت خطأ هذه الأساطير الأصلية من خلال جبال من الأدلة المخالفة، ومع ذلك لا يزال الناس يصدقونها.

لدينا معتقدات خاطئة فيروسية نلومها على ذلك؛ مثل كتاب التاريخ المزيف، تعتمد الميمات على الأدمغة للتكرار، وبالتالي، فقد طورت طرقاً للتحكم في سلوك العقول لتعزيز اهتماماتها. لأن القشرة المخية الحديثة لا تكف عن التوقع لاختبار نموذجها للعالم، فإن النموذج يصحح نفسه بطبيعته، إذ سيتحرك الدماغ من تلقاء نفسه، بلا هوادة نحو نماذج أكثر وأكثر دقة للعالم. لكن هذه العملية تُحبط، على نطاق عالمي، من خلال المعتقدات الخاطئة الفيروسية.

مع نهاية الكتاب، سأقدم نظرة أكثر تفاؤلاً للإنسانية، لكن قبل أن نتجه نحو هذه الرؤية الأكثر إشراقاً، أريد أن أتحدث عن التهديد الوجودي الحقيقي للغاية الذي نقدمه نحن البشر لأنفسنا.

الفصل الثالث عشر
المخاطر الوجودية للذكاء البشري

الذكاء نفسه حميد؛ كما ناقشت قبل فصلين، ما لم نبنِ عن قصد أهدافاً ودوافع وعواطف أنانية، فلن تشكل الآلات الذكية خطراً على بقائنا، ومع ذلك، فإن الذكاء البشري ليس حميداً. لقد تم الاعتراف بإمكانية أن يؤدي السلوك البشري إلى زوالنا منذ فترة طويلة. على سبيل المثال، منذ عام 1947، حافظت نشرة علماء الذرة على ساعة يوم القيامة لتسليط الضوء على مدى قربنا من جعل الأرض غير صالحة للسكن. مستوحاة أولاً من احتمال أن الحرب النووية والحريق الناتج عنها يمكن أن يدمر الأرض، تم توسيع ساعة يوم القيامة في العام 2007 لتشمل تغير المناخ كسبب ثانٍ محتمل للانقراض الذاتي. تتم مناقشة ما إذا كانت الأسلحة النووية وتغير المناخ بفعل الإنسان تشكل تهديدات وجودية، ولكن ليس هناك شكٌّ في أن كلاهما لديهما القدرة على التسبب في معاناة إنسانية كبيرة، فمع تغير المناخ، تجاوزنا أي حالة من عدم اليقين؛ لقد تحول النقاش في الغالب إلى مدى سوء الأمر، ومن سيتأثر، ومدى سرعة تقدمه، وما الذي يجب أن نفعله حيال ذلك.

لم تكن التهديدات الوجودية للأسلحة النووية وتغير المناخ موجودة قبل مئة عام؛ بالنظر إلى المعدل الحالي للتغير التكنولوجي، فمن شبه المؤكد أننا سنُحدِث تهديدات وجودية إضافية في السنوات القادمة؛ فنحن بحاجة إلى محاربة هذه التهديدات، ولكن إذا أردنا أن ننجح على المدى الطويل، فنحن بحاجة إلى النظر في هذه المشاكل من وجهة نظر نظامية. في هذا الفصل، أركز على اثنين من المخاطر النظامية الأساسية المرتبطة بالدماغ البشري.

الأول يرتبط بالأجزاء القديمة من دماغنا؛ فعلى الرغم من أن القشرة المخية الحديثة تمنحنا ذكاءً فائقاً، إلا أن 30 بالمئة من أدمغتنا تطورت منذ فترة أطول بكثير وتوجِد رغباتنا وأفعالنا الأكثر بدائية. لقد ابتكرت القشرة المخية الحديثة لدينا تقنيات قوية قادرة على تغيير الأرض بأكملها، لكن السلوك البشري الذي يتحكم في هذه التقنيات المتغيرة للعالم غالباً ما يهيمن عليه العقل القديم الأناني وقصير النظر.

يرتبط الخطر الثاني ارتباطاً مباشراً بالقشرة المخية الحديثة والذكاء، إذ يمكن خداع القشرة المخية

الحديثة، بحيث يمكن أن تشكل معتقدات خاطئة حول الجوانب الأساسية للعالم. بناءً على هذه المعتقدات الخاطئة، يمكننا التصرف ضد مصالحنا طويلة المدى.

مخاطر الدماغ القديم

نحن حيوانات، تنحدر من أجيال لا حصر لها من الحيوانات الأخرى؛ كان كل واحد من أسلافنا ناجحاً في إنجاب ذرية واحدة على الأقل، والتي بدورها أنجبت نسلاً واحداً على الأقل، وهكذا تعود شجرة نسبنا إلى مليارات السنين. طوال هذه الفترة، كان المقياس النهائي للنجاح - الذي يمكن القول إنه الوحيد - هو نقل جينات المرء بشكل تفضيلي إلى الجيل التالي.

كانت الأدمغة مفيدة فقط إذا زادت من بقاء وخصوبة حيوان يمتلك دماغاً، وكانت الأنظمة العصبية الأولى بسيطة؛ فقد كانت تقتصر على التحكم في ردود الفعل الانعكاسية والوظائف الجسدية، وهي التي صممت وحددت ووظيفتها بواسطة الجينات، ومع مرور الوقت، توسعت الوظائف المدمجة لتشمل السلوكيات التي نعتبرها مرغوبة اليوم، مثل رعاية الأبناء والتعاون الاجتماعي. لكن السلوكيات التي لا ننظر إليها بلطف أقل ظهرت أيضاً، مثل القتال من أجل الأرض، والنضال من أجل حقوق التزاوج، والجماع القسري، وسرقة الموارد.

جميع السلوكيات المضمنة، بغض النظر عما إذا كنا نعتقد أنها مرغوبة أم لا، ظهرت إلى الوجود لأنها كانت تكيفات ناجحة، ولا تزال الأجزاء القديمة من دماغنا تحوي هذه السلوكيات البدائية. كلنا نعيش مع هذا التراث، وبالطبع، يقع كل واحد منا في مكان ما على طول طيف من مدى تعبيرنا عن سلوكيات الدماغ القديمة هذه ومدى قدرة القشرة المخية الحديثة الأكثر منطقية لدينا على التحكم فيها. يعتقد أن بعض هذا الاختلاف وراثي، بقدر ما هو ثقافي غير معروف.

لذلك، على الرغم من أننا أذكياء، فإن أدمغتنا القديمة لا تزال هنا، ولا تزال تعمل وفقاً للقواعد التي وضعتها مئات الملايين من السنين من الكفاح من أجل البقاء. ما زلنا نكافح من أجل الأرض، وما زلنا نكافح من أجل حقوق التزاوج، وما زلنا نغش ونغتصب ونخدع إخواننا البشر؛ لا يفعل الجميع هذه الأمور، ونحن نعلّم أطفالنا السلوكيات التي نريدهم أن يظهروها، ولكن إلقاء نظرة سريعة على أخبار أي يوم ستؤكد أننا، كنوع، في مختلف الثقافات وفي كل مجتمع، لم نتمكن بعد من أن نحرر أنفسنا من هذه السلوكيات البدائية غير المرغوب فيها. مرة أخرى، عندما أشير إلى سلوك ما على أنه أقل استحساناً، أعني من وجهة نظر فردية أو مجتمعية؛ فمن منظور الجينات، كل هذه السلوكيات مفيدة.

لا يمثل الدماغ القديم بمفرده خطراً وجودياً، لأن سلوكيات الدماغ القديم هي، بعد كل شيء، تكيفات

ناجحة. في الماضي، إذا قتلت إحدى القبائل جميع أفراد قبيلة أخرى أثناء صراعها على الأرض، لم تكن تهدد كل البشر، وكان هناك رابحون وكذلك خاسرون. اقتصرت أفعال شخص أو عدد قليل من الناس على جزء من العالم وجزء من الإنسانية. اليوم، يمثل الدماغ القديم تهديداً وجودياً لأن القشرة المخية الحديثة لدينا أوجدت تقنيات يمكنها تغيير بل وتدمير الكوكب بأكمله. إن الأفعال قصيرة النظر للدماغ القديم، عندما تقترن بتقنيات القشرة المخية الحديثة التي تغير الكرة الأرضية، أصبحت تهديداً وجودياً للبشرية. دعونا نلقِ نظرة على كيفية حدوث ذلك اليوم من خلال دراسة تغير المناخ وأحد أسبابه الأساسية، النموّ السكاني.

النمو السكاني وتغير المناخ

ينتج تغير المناخ الذي يسببه الإنسان عن عاملين: أحدهما هو عدد الأشخاص الذين يعيشون على الأرض، والآخر هو مقدار التلوث الذي يحدثه كل شخص، وهذان العاملان مرتفعان، لذا، دعونا نلقِ نظرة على النمو السكاني.

في العام 1960، كان هناك حوالى ثلاثة مليارات شخص على هذا الكوكب، ولا أتذكر أي شخص اقترح أن المشاكل التي واجهها العالم في الستينيات يمكن حلها فقط إذا كان لدينا ضعف عدد الأشخاص، فاليوم، يقترب عدد سكان العالم من ثمانية مليارات نسمة ويستمر في النمو.

يقول المنطق البسيط إن احتمال تعرض الأرض لشكل من أشكال التدهور والانهيار من صنع الإنسان سيكون أقل إذا كان هناك عدد أقل من الناس، فعلى سبيل المثال، إذا كان هناك مليارا شخص بدلاً من ثمانية مليارات، فمن الممكن أن تمتص النظم البيئية للأرض تأثيرنا دون تغيير سريع وجذري، حتى لو لم تستطع الأرض التعامل بشكل مستدام مع وجود ملياري إنسان، فسيكون لدينا المزيد من الوقت لتعديل سلوكياتنا للعيش بطريقة مستدامة.

حسناً، لماذا ارتفع عدد سكان الأرض من ثلاثة مليارات في العام 1960 إلى ثمانية مليارات في يومنا هذا؟ لماذا لم يبقَ عدد السكان عند ثلاثة مليارات أو ينخفض إلى ملياري نسمة؟ يتفق الجميع تقريباً على أن الأرض ستكون أفضل حالاً بوجود عدد أقل من الناس بدلاً من عدد أكبر، فلماذا لا يحدث ذلك؟ قد تكون الإجابة واضحة، لكن الأمر يستحق تشريحاً قليلاً.

تعتمد الحياة على فكرة بسيطة للغاية: تصنع الجينات أكبر عدد ممكن من النسخ من نفسها، ما أدى إلى محاولة الحيوانات إنجاب أكبر عدد ممكن من الصغار وإلى محاولة الأنواع العيش في أكبر عدد ممكن من الأماكن، وهذا ما جعل الأدمغة تتطور لخدمة هذا الجانب الأساسي من الحياة؛ تساعد الأدمغة الجينات على صنع نسخ أكثر من نفسها.

مع ذلك، فإن ما هو جيد للجينات ليس جيداً دائماً للأفراد، فعلى سبيل المثال، من وجهة نظر الجين، لا بأس إذا كان لدى الأسرة البشرية أطفال أكثر مما يمكنها إطعامهم، وبالتأكيد، قد يموت أطفال جوعاً في بعض السنوات، لكنهم لن يموتوا في سنوات أخرى.

من وجهة نظر الجينات، من الأفضل أحياناً إنجاب عدد كبير من الأطفال بدلاً من القليل جداً، إذ سيعاني بعض الأطفال بشكل رهيب، وسيكافح الآباء ويحزنون، لكن الجينات لا تهتم، فنحن، كأفراد، موجودون لخدمة احتياجات الجينات؛ الجينات التي تقودنا إلى إنجاب أكبر عدد ممكن من الأطفال ستكون أكثر نجاحاً، حتى لو أدى ذلك في بعض الأحيان إلى الموت والبؤس.

بالمقابل، من وجهة نظر الجينات، من الأفضل أن تحاول الحيوانات العيش في مواقع جديدة، حتى لو فشلت هذه المحاولات غالباً. لنفترض أن قبيلة بشرية تنقسم وتحتل أربعة موائل جديدة، لكن واحدة فقط من المجموعات المنقسمة تنجو بينما تكافح القبائل الثلاثة الأخرى، وتتضور جوعاً، وتموت في النهاية. سيكون هناك الكثير من البؤس للأفراد، ولكن سيكون هناك نجاح للجين، حيث يحتل الآن ضعف مساحة الأرض كما كان من قبل.

لا تفهم الجينات شيئاً، وهي لا تستمتع بكونها جينات، ولا تعاني عندما تفشل في التكاثر؛ إنها ببساطة جزيئات معقدة قادرة على التكاثر.

من ناحية أخرى، تفهم القشرة المخية الحديثة الصورة الأكبر؛ على عكس الدماغ القديم - بأهدافه وسلوكياته الراسخة - تتعلم القشرة المخية الحديثة نموذجاً للعالم ويمكنها توقع نتائج النمو السكاني غير المنضبط. وبالتالي، يمكننا أن نتوقع البؤس والمعاناة اللذين سوف نتحملهما إذا واصلنا السماح لعدد الناس على الأرض بالنمو. فلماذا لا نقوم بشكل جماعي بخفض عدد السكان؟ الجواب: لأن الكلمة العليا لا تزال للدماغ القديم.

تذكر مثال قطعة من الكعكة المغرية التي ذكرتها في الفصل الثاني؛ قد تعرف القشرة المخية الحديثة لدينا أن تناول الكعكة مضرّ لنا، ويمكن أن يؤدي إلى السمنة والمرض والموت المبكر. لذا، نغادر المنزل في الصباح مصممين على تناول الطعام الصحي فقط، ومع ذلك، عندما نرى قطعة من الكعكة ونشم رائحتها، فإننا غالباً ما نأكلها. لا تزال الكلمة العليا للدماغ القديم، والدماغ القديم تطور في وقت كان من الصعب الحصول على السعرات الحرارية، فالدماغ القديم لا يعرف العواقب المستقبلية. في المعركة بين الدماغ القديم والقشرة المخية الحديثة، عادة ما يفوز الدماغ القديم، وينتهي بنا المطاف ونحن نأكل الكعكة.

نظراً لأننا نواجه صعوبة في التحكم في طعامنا، فإننا نفعل ما في وسعنا، فنستخدم ذكاءنا لتخفيف

الضرر؛ نصنع تدخلات طبية، مثل الأدوية والعمليات الجراحية، ونعقد مؤتمرات حول وباء السمنة، ونقوم بحملات لتثقيف الناس حول مخاطر الطعام السيئ، ولكن على الرغم من أنه من المنطقي أنه سيكون من الأفضل إذا أكلنا بشكل أفضل، تظل المشكلة الأساسية قائمة؛ ما زلنا نأكل الكعكة.

يحدث شيء مشابه مع النمو السكاني، فنحن نعلم أنه في مرحلة ما سيتعين علينا الحدّ من نمو السكان، وهذا منطق بسيط، إذ لا يمكن للنمو السكاني أن يستمر إلى الأبد، ويعتقد العديد من علماء البيئة أن مجتمعنا غير مستدام بالفعل، لكننا نجد صعوبة في إدارة سكاننا لأن الدماغ القديم يريد إنجاب الأطفال، لذا بدلاً من ذلك، استخدمنا ذكاءنا لتحسين الزراعة بشكل كبير، وابتكار محاصيل جديدة وطرق جديدة لزيادة المحاصيل. لقد أنشأنا أيضاً تقنيات تسمح لنا بشحن الطعام إلى أي مكان في العالم، فباستخدام ذكائنا، حققنا المعجزة: لقد قللنا من الجوع والمجاعة خلال فترة تضاعف فيها عدد السكان ثلاث مرات تقريباً، ومع ذلك، يمكن أن ينفع هذا الأمر لفترة، وعندها إما أن يتوقف النمو السكاني أو في وقت ما في المستقبل ستكون هناك معاناة إنسانية كبيرة على الأرض؛ هذا مؤكد.

بالطبع، هذا الوضع ليس أبيض وأسود كما صورته؛ يقرر بعض الناس بشكل منطقي إنجاب عدد أقل من الأطفال أو عدم الإنجاب، وقد لا يحصل البعض على التعليم اللازم لفهم التهديدات طويلة الأمد لأفعالهم، وكثير منهم فقراء لدرجة أنهم يعتمدون على إنجاب الأطفال من أجل البقاء. القضايا المتعلقة بالنمو السكاني معقدة، ولكن إذا عدنا إلى الوراء ونظرنا إلى الصورة الكبيرة، فسنرى أن البشر فهموا خطر النمو السكاني منذ أقل من خمسين عاماً، وفي ذلك الوقت تضاعف عدد سكاننا ثلاث مرات تقريباً. إنّ جذور هذا النمو هي هياكل الدماغ القديمة والجينات التي تخدمها، ولحسن الحظ، هناك طرق يمكن للقشرة المخية الحديثة من خلالها الفوز في هذه المعركة.

كيف يمكن للقشرة المخية أن تكبح الدماغ القديم؟

الشيء الغريب في الزيادة السكانية هو أن فكرة وجود عدد أقل من السكان ليست مثيرة للجدل، ولكن الحديث عن كيفية تحقيق ذلك من حيث نحن اليوم غير مقبول اجتماعياً وسياسياً. ربما نتذكر سياسة الطفل الواحد التي تنتهجها الصين إلى حد كبير، وربما نربط دون وعيٍ بين تقليص عدد السكان والإبادة الجماعية أو تحسين النسل والمذابح. لأي سبب من الأسباب، نادراً ما تتم مناقشة الاستهداف المقصود لعدد أقل من السكان. في الواقع، عندما ينخفض عدد سكان بلد ما ـ كما هو الحال في اليابان اليوم ـ يُنظر إلى الأمر على أنه أزمة اقتصادية، فمن النادر سماع وصف تقلص عدد سكان اليابان بأنه نموذج يحتذى به لبقية العالم.

نحن محظوظون لأن هناك حلاً بسيطاً وذكياً للنمو السكاني، وهو حل لا يجبر أي شخص على فعل أي شيء لا يريد القيام به، والحل الذي نعلم أنه سيقلل عدد سكاننا إلى حجم أكثر استدامة، وهو الحل الذي يزيد أيضاً من سعادة ورفاهية الأشخاص المعنيين، لكنه حل يعترض عليه كثير من الناس. الحل البسيط والذكي هو التأكد من أن كل امرأة لديها القدرة على التحكم في خصوبتها وتمكينها من ممارسة هذا الخيار إذا أرادت ذلك.

أنا أطلق على هذا الحل اسم الحل الذكي لأنه في المعركة بين الدماغ القديم والقشرة المخية الحديثة، غالباً ما يفوز الدماغ القديم. يُظهر اختراع تحديد النسل كيف يمكن للقشرة المخية الحديثة استخدام ذكائها لتكون لها اليد العليا.

تتكاثر الجينات بشكل أفضل عندما يكون لدينا أكبر عدد ممكن من النسل، فالرغبة في الجنس هي الآلية التي جاء بها التطور لخدمة مصالح الجينات، حتى وإن كنا لا نريد المزيد من الأطفال، فمن الصعب التوقف عن ممارسة الجنس، لذلك، استخدمنا ذكاءنا لابتكار طرق تحديد النسل التي تسمح للدماغ القديم بممارسة الجنس بقدر ما يريد دون إنجاب المزيد من الأطفال. الدماغ القديم ليس ذكياً، فهو لا يعرف ما يقوم به أو لماذا يقوم به، وفي المقابل يمكن للقشرة المخية الحديثة الخاصة بنا، بنموذجها العالمي، أن ترى سلبيات إنجاب عدد كبير جداً من الأطفال، ويمكنها أن ترى فوائد تأخير تكوين أسرة. فبدلاً من محاربة الدماغ القديم، تسمح القشرة المخية الحديثة للدماغ القديم بالحصول على ما يريد، ولكنها تمنعه من بلوغ النتيجة النهائية غير المرغوب فيها.

حسناً، لماذا هناك مقاومة مستمرة لتمكين المرأة؟ لماذا يعارض الكثير من الناس المساواة في الأجور والرعاية النهارية الشاملة وتنظيم الأسرة؟ ولماذا لا تزال المرأة تجد عقبات في تحقيق التمثيل المتكافئ في مناصب السلطة؟ بكل مقياس موضوعي تقريباً، سيؤدي تمكين المرأة إلى عالم أكثر استدامة مع معاناة إنسانية أقل، فإذا نظرنا من الخارج إلى الداخل، يبدو أن محاربة هذا الأمر تأتي بنتائج عكسية. يمكننا إلقاء اللوم على الدماغ القديم والمعتقدات الخاطئة الفيروسية في هذه المعضلة، وهذا ما يقودنا إلى الخطر الأساسي الثاني للدماغ البشري.

خطر المعتقدات الكاذبة

على الرغم من القدرة المذهلة للقشرة المخية الحديثة إلا أنه يمكن خداعها؛ ينخدع الناس بسهولة ليصدقوا أشياء زائفة عن العالم، فإذا كانت لديك معتقدات خاطئة، فقد تتخذ قرارات سيئة قاتلة، وقد يكون الأمر سيئاً بشكل خاص إذا كانت لهذه القرارات عواقب عالمية.

في المدرسة الابتدائية، تعرضت للمرة الأولى إلى مأزق المعتقدات الخاطئة، وكما أشرت سابقاً، هناك العديد من مصادر المعتقدات الخاطئة، لكن هذه القصة تتعلق بالأديان. في أحد الأيام، خلال العطلة في بداية العام الدراسي، اجتمعت مجموعة من حوالى عشرة أطفال في دائرة في الملعب، وانضممت إليهم، كانوا يتناوبون على قول ما هو الدين الذي ينتمون إليه. عندما ذكر كل طفل ما يعتقده، انضم الأطفال الآخرون ليقولوا كيف اختلف هذا الدين عن دينهم، مثل ما هي الأعياد التي يحتفلون بها وما هي الطقوس التي يمارسونها، فتألفت المحادثة من عبارات مثل، «نحن نصدق ما قاله مارتن لوثر وأنت لا تصدقه»، و«نحن نؤمن بالتقمص الذي يختلف عما تؤمن به»؛ لم يكن هناك عداء؛ لقد كانت مجرد مجموعة من الأطفال الصغار يعيدون التصريح بما قيل لهم في المنزل وفرز الاختلافات، وهذا كان جديداً عليّ، فأنا نشأت في منزل غير متدين ولم أسمع من قبل أوصافاً لهذه الأديان أو العديد من الكلمات التي كان يقولها الأطفال الآخرون؛ فقد ركزت المحادثة على الاختلافات في معتقداتهم، وقد وجدت هذا مقلقاً؛ فإذا كانوا يؤمنون بأشياء مختلفة، ألا ينبغي إذاً أن نحاول جميعاً اكتشاف المعتقدات الصحيحة؟

عندما استمعت إلى الأطفال الآخرين وهم يتحدثون عن الاختلافات في ما يؤمنون به، علمت أنهم لا يمكن أن يكونوا جميعهم على حق؛ حتى في تلك السن المبكرة كان لديّ إحساس عميق بأن هناك شيئاً ما خطأ. بعد أن تحدث الجميع، سُئلت عن ديني، فأجبت أنني لست متأكداً، لكنني لم أعتقد أن لديّ ديناً، الأمر الذي أثار ضجة كبيرة، حيث قال العديد من الأطفال إن ذلك غير ممكن. أخيراً، سأل أحد الأطفال: «ثم ماذا تصدق؟ عليك أن تؤمن بشيء».

لقد تركت تلك المحادثة في الملعب انطباعاً عميقاً لديّ؛ لقد فكرت في الأمر عدة مرات منذ ذلك الحين، وما وجدته مقلقاً لم يكن ما يؤمنون به؛ إن الأطفال كانوا على استعداد لقبول المعتقدات المتضاربة وألا ينزعجوا منها. كان الأمر كما لو كنا جميعاً ننظر إلى شجرة وقال أحد الأطفال: «عائلتي تعتقد أنها شجرة بلوط»، وقال آخر: «عائلتي تعتقد أنها شجرة نخيل»، وقال آخر: «عائلتي تؤمن أنها ليست شجرة. إنها خزامى»، ومع ذلك لم يكن أحد يميل إلى مناقشة الإجابة الصحيحة.

اليوم لديّ فهم جيد لكيفية تكوين الدماغ للمعتقدات؛ في الفصل السابق، وصفت كيف يمكن أن يكون نموذج الدماغ للعالم غير دقيق، ولماذا يمكن أن تستمر المعتقدات الخاطئة على الرغم من الأدلة المخالفة، وللمراجعة، إليك المكونات الأساسية الثلاثة:

> لا يمكن تجربتها بشكل مباشر: تقريباً تكون المعتقدات الخاطئة بشأن أشياء لا يمكننا تجربتها بشكل مباشر. إذا لم نتمكن من ملاحظة شيء ما بشكل مباشر - إذا لم نتمكن من سماعه أو لمسه أو رؤيته بأنفسنا - فعلينا الاعتماد على ما يخبرنا به الآخرون؛ فمن نستمع إليه يحدد ما نؤمن به.

تجاهل الأدلة المخالفة: للحفاظ على اعتقاد خاطئ، عليك رفض الأدلة التي تتعارض معه. تملي معظم المعتقدات الخاطئة السلوكيات والأسباب المنطقية لتجاهل الأدلة المخالفة.

الانتشار الفيروسي: المعتقدات الخاطئة الفيروسية تصف السلوكيات التي تشجع على نشر الاعتقاد للآخرين.

دعونا نرَ كيف تنطبق هذه السمات على ثلاثة معتقدات شائعة يكاد يكون من المؤكد أنها خاطئة.

الاعتقاد: اللقاحات تسبب التوحد

لا يمكن تجربتها بشكل مباشر: لا يمكن لأي فرد أن يشعر بشكل مباشر ما إذا كانت اللقاحات تسبب التوحد أم لا؛ هذا الأمر يتطلب دراسة مضبوطة مع العديد من المشاركين.

تجاهل الأدلة المخالفة: عليك تجاهل رأي مئات العلماء والعاملين في المجال الطبي. قد يكون السبب المنطقي هو أن هؤلاء الأشخاص يخفون الحقائق لتحقيق مكاسب شخصية أو أنهم يجهلون الحقيقة.

الانتشار الفيروسي: قيل لك إنه من خلال نشر هذا الاعتقاد، فإنك تنقذ الأطفال من حالة موهنة، لذلك، لديك التزام أخلاقي بإقناع الآخرين بخطر اللقاحات.

إن الاعتقاد بأن اللقاحات تسبب التوحد، حتى لو أدت إلى وفاة الأطفال، ليس خطراً وجودياً على البشرية. ومع ذلك، هناك اعتقادان خاطئان شائعان يمثلان تهديدات وجودية ينكران خطر تغير المناخ والإيمان بالحياة الآخرة.

الاعتقاد: تغير المناخ ليس تهديداً

لا يمكن تجربته بشكل مباشر: تغير المناخ العالمي ليس شيئاً يمكن للأفراد ملاحظته، فلطالما كان الطقس المحلي متغيراً، وكانت هناك دائماً أحداث مناخية شديدة؛ من خلال النظر عبر نافذتك يوماً بعد يوم، لا يمكنك اكتشاف تغير المناخ.

تجاهل الأدلة المخالفة: تضر سياسات مكافحة تغير المناخ بالمصالح قصيرة المدى لبعض الأشخاص وشركاتهم، إذ يتم استخدام العديد من الأسباب المنطقية لحماية هذه المصالح، مثل أن علماء المناخ يختلقون البيانات ويختلقون سيناريوهات مخيفة لمجرد الحصول على مزيد من

التمويل، أو أن الدراسات العلمية معيبة.

> لانتشار الفيروسي: يدعي منكرو تغير المناخ أن سياسات التخفيف من تغير المناخ هي محاولة لانتزاع الحريات الشخصية، ربما لتشكيل حكومة عالمية أو لصالح حزب سياسي. لذلك، من أجل حماية الحرية والحرية، لديك التزام أخلاقي لإقناع الآخرين بأن تغير المناخ لا يمثل تهديداً.

نأمل أن يكون من الواضح لماذا يمثل تغير المناخ خطراً وجودياً على البشرية. هناك احتمال أن نتمكن من تغيير الأرض كثيراً بحيث تصبح غير صالحة للسكن، فنحن لا نعرف مدى احتمالية حدوث ذلك، لكننا نعلم أن أقرب كوكب مجاور لنا، المريخ، كان يشبه الأرض كثيراً وأصبح الآن صحراء غير صالحة للعيش. حتى لو كان احتمال حدوث هذا للأرض ضئيلاً، فنحن بحاجة إلى القلق.

الإيمان بالحياة الآخرة

الإيمان بالحياة الآخرة موجود منذ فترة طويلة جداً؛ إذ يبدو أنها تحتل مكانة ثابتة في عالم المعتقدات الخاطئة.

> لا يمكن تجربتها بشكل مباشر: لا أحد يستطيع أن يراقب الحياة الآخرة مباشرة؛ فهي بطبيعتها غير قابلة للرصد.

> تجاهل الأدلة المخالفة: على عكس المعتقدات الخاطئة الأخرى، لا توجد دراسات علمية تثبت عدم صحتها؛ إذ تستند الحجج التي تنفي الحياة الآخرة في الغالب على نقص الأدلة، وهذا يسهل على المؤمنين تجاهل الادعاءات بعدم وجودها.

> الانتشار الفيروسي: الإيمان بالآخرة هو فيروسي، فعلى سبيل المثال، يقول الاعتقاد في الجنة أن فرصتك في الذهاب إلى الجنة ستزداد إذا حاولت إقناع الآخرين بالإيمان بها أيضاً.

الإيمان بالآخرة، في حد ذاته، هو اعتقاد حميد، فعلى سبيل المثال، يوفر الاعتقاد في التناسخ حافزاً للعيش حياة أكثر مراعاة، ويبدو أنه لا يشكل أي مخاطر وجودية. ينشأ التهديد إذا كنت تعتقد أن الآخرة أهم من الحياة الحالية.

في هذه الحالة يؤدي إلى الاعتقاد بأن تدمير الأرض، أو مجرد عدة مدن رئيسية ومليارات البشر، سيساعدك أنت ورفاقك المؤمنين على تحقيق الحياة الآخرة المرجوة. في الماضي، ربما أدى ذلك إلى تدمير وحرق مدينة أو اثنتين، أما اليوم، يمكن أن يؤدي إلى تصاعد الحرب النووية التي يمكن أن تجعل

الأرض غير صالحة للعيش.

الفكرة الكبيرة

هذا الفصل ليس قائمة شاملة بالتهديدات التي نواجهها، ولم أستكشف التعقيد الكامل للتهديدات التي ذكرتها، فالنقطة التي أريد أن أوضحها هي أن ذكاءنا، الذي أدى إلى نجاحنا كجنس، يمكن أن يكون أيضاً بذرة زوالنا. المشكلة هي بنية دماغنا، المكونة من دماغ قديم وقشرة مخية حديثة.

يتكيف دماغنا القديم بشكل كبير من أجل البقاء على المدى القصير ولإنجاب أكبر عدد ممكن من النسل. للدماغ القديم جانبه الجيد، مثل رعاية صغارنا ورعاية الأصدقاء والأقارب، لكنّ له جانباً سيئاً أيضاً، مثل السلوك المعادي للمجتمع للحصول على الموارد والوصول الإنجابي، بما في ذلك القتل والاغتصاب، فوصف هذه السلوك «بالجيدة» و «بالسيئة» أمر شخصي إلى حدّ ما؛ فمن وجهة نظر الجين المكرر، كلها ناجحة.

تطورت القشرة المخية الحديثة لدينا لخدمة الدماغ القديم، كما تتعلم القشرة المخية الحديثة نموذجاً للعالم يمكن للدماغ القديم استخدامه لتحقيق أهدافه المتمثلة في البقاء والإنجاب بشكل أفضل. في مكان ما على طول المسار التطوري، اكتسبت القشرة المخية الحديثة آليات الكلام والبراعة اليدوية العالية.

لقد مكنتنا اللغة من تبادل المعرفة، وكان لهذا الأمر بالطبع مزايا كبيرة للبقاء، لكنه أيضاً زرع بذور المعتقدات الخاطئة. حتى ظهور اللغة، كان نموذج الدماغ للعالم مقصوراً فقط على ما يمكن أن نلاحظه شخصياً، فقد سمحت لنا اللغة بتوسيع نموذجنا ليشمل الأشياء التي نتعلمها من الآخرين، فعلى سبيل المثال، قد يخبرني مسافر أن هناك حيوانات خطرة على الجانب البعيد من الجبل - وهو مكان لم أزره من قبل – وبالتالي، يوسع نموذجي للعالم، ومع ذلك، قد تكون قصة المسافر خاطئة، وربما توجد موارد قيمة على الجانب الآخر من الجبل لا يريد المسافر أن أعرف عنها. بالإضافة إلى اللغة، مكّنتنا براعتنا اليدوية الفائقة من إنشاء أدوات متطورة تتضمن تقنيات تغطي الكرة الأرضية نعتمد عليها بشكل متزايد لدعم عدد كبير من البشر.

الآن، نجد أنفسنا نواجه العديد من التهديدات الوجودية؛ المشكلة الأولى هي أن دماغنا القديم لا يزال مسؤولاً ويمنعنا من اتخاذ خيارات تدعم بقاءنا على المدى الطويل، مثل تقليل عدد السكان أو القضاء على الأسلحة النووية، أما المشكلة الثانية فهي أن التقنيات العالمية التي أنشأناها معرضة لسوء المعاملة من قبل الأشخاص ذوي المعتقدات الخاطئة، إذ يمكن لعدد قليل من الأشخاص الذين لديهم معتقدات خاطئة تعطيل هذه التقنيات أو إساءة استخدامها، مثل تنشيط الأسلحة النووية، فقد يعتقد هؤلاء الناس أن أفعالهم

عادلة وأنهم سيُكافأون - ربما في حياة أخرى - ومع ذلك، فإن الحقيقة هي أنه لن تحدث مثل هذه المكافآت، بينما سيعاني المليارات من الناس.

لقد مكنتنا القشرة المخية الحديثة من أن نصبح نوعاً تكنولوجياً، فنحن قادرون على التحكم في الطبيعة بطرق لم يكن من الممكن تصورها قبل مئة عام فقط، ومع ذلك، ما زلنا نوعاً بيولوجياً. كل واحد منا لديه عقل قديم يجعلنا نتصرف بطرق تضر ببقاء جنسنا البشري على المدى الطويل. هل محكوم علينا؟ هل من مخرج من هذه المعضلة؟ في الفصول المتبقية، أصف خياراتنا.

الفصل الرابع عشر
دمج الأدمغة والآلات

هناك اقتراحان تمت مناقشتهما على نطاق واسع حول كيفية دمج البشر بين الأدمغة والحواسيب لمنع موتنا وانقراضنا؛ الأول هو تحميل أدمغتنا على حواسيب، والآخر هو دمج أدمغتنا بالحواسيب. كان هذان المقترحان من ركائز الخيال العلمي لعقود من الزمن، لكن العلماء والتكنولوجيين أخذوهما مؤخراً على محمل الجد، ويعمل بعض الناس على جعلهما حقيقة واقعة. في هذا الفصل، سأعرض لهذين الاقتراحين في ضوء ما تعلمناه عن الأدمغة.

يتطلب تحميل دماغك تسجيل جميع تفاصيله، ثم استخدامها لمحاكاة دماغك على حاسوب؛ سيكون جهاز المحاكاة مطابقاً لدماغك، لذلك ستعيش «أنت» في حاسوب، والهدف هو فصلك عقلياً وفكرياً عن جسدك البيولوجي، وبهذه الطريقة، يمكنك العيش إلى أجل غير مسمى، بما في ذلك في حاسوب بعيد عن الأرض، وبذلك لن تموت إذا أصبحت الأرض غير صالحة للسكن.

يتطلب دمج دماغك بحاسوب توصيل الخلايا العصبية في دماغك بشرائح الحاسوب السيليكونية، الأمر الذي سيسمح لك، على سبيل المثال، بالوصول إلى جميع موارد الإنترنت بمجرد التفكير. أحد أهداف هذا هو إعطاؤك قوى خارقة، وهناك هدف آخر هو التخفيف من الآثار السلبية لانفجار ذكاء، والذي - كما ناقشت في الفصل الحادي عشر - هو إذا أصبحت الآلات الذكية فجأة ذكية لدرجة أننا لا نستطيع السيطرة عليها، ثم تقتلنا أو تخضعنا. من خلال دمج أدمغتنا مع الحواسيب، نصبح أذكياء للغاية ولا نتخلف عن الركب، فنحن بذلك ننقذ أنفسنا بالاندماج مع الآلات.

قد تصف هذه الأفكار بالسخف، ولا تستطيع تحملها، لكن الكثير من الأذكياء يأخذونها على محمل الجد؛ فمن السهل أن نفهم سبب جاذبيتها. يتيح لك تحميل دماغك العيش إلى الأبد، ويمنحك الدمج قدرات خارقة.

هل ستؤتي هذه المقترحات ثمارها؟ وهل ستخفف من المخاطر الوجودية التي نواجهها؟ أنا

شخصياً لست متفائلاً.

لماذا نشعر بأننا محاصرون في أجسادنا؟

في بعض الأحيان، أشعر وكأنني محاصر في جسدي؛ فأنا أشعر أن عقلي الواعي يمكن أن يوجد في شكل آخر، لذلك، لماذا يجب أن أموت بمجرد أن يشيخ دماغي؟ والسؤال الذي يطرح نفسه إذا لم أكن عالقاً في جسم بيولوجي، هل يمكنني أن أعيش إلى الأبد؟

الموت غريب؛ من ناحية، دماغنا القديم مبرمج ليخاف منه، لكن أجسادنا مبرمجة للموت. لماذا يجعلنا التطور نخشى الشيء الوحيد الذي لا مفر منه؟ استقر التطور على هذه الإستراتيجية المتضاربة لسبب وجيه يفترض، إذ يعتمد أفضل تخميني مرة أخرى على الفكرة التي اقترحها ريتشارد دوكينز في كتابه «الجين الأناني»، إذ يجادل دوكينز بأن التطور لا يتعلق ببقاء الأنواع، بل يتعلق ببقاء الجينات الفردية. من وجهة نظر الجينات، نحن بحاجة إلى أن نعيش طويلاً بما يكفي لإنجاب الأطفال؛ أي لعمل نسخ من الجين. إن العيش لفترة أطول من ذلك، على الرغم من أنه مفيد لحيوان بعينه، قد لا يكون في مصلحة الجين الفردي. على سبيل المثال، أنت وأنا مزيج معين من الجينات، فبعد إنجاب الأطفال، قد يكون من الأفضل من منظور الجينات إفساح المجال لتركيبات جديدة، أشخاص جدد. في عالم ذي موارد محدودة، من الأفضل أن يوجد الجين في العديد من التوليفات المختلفة مع الجينات الأخرى، ولهذا السبب تمت برمجتنا للموت - لإفساح المجال لتركيبات أخرى - ولكن فقط بعد أن ننجب ذرية. المعنى الضمني لنظرية دوكينز هو أننا خُدام للجينات عن غير قصد. الحيوانات المتطورة، مثلنا، موجودة فقط لمساعدة الجينات على التكاثر؛ كل شيء متعلق بالجين.

في الآونة الأخيرة، حدث شيء جديد؛ أصبح أبناء جنسنا أذكياء، وهذا بالطبع يساعدنا في عمل نسخ أكثر من جيناتنا. يتيح لنا ذكاؤنا تجنب الحيوانات المفترسة والعثور على الطعام والعيش في أنظمة بيئية متنوعة بشكل أفضل، لكن ذكاءنا الناشئ كان له نتيجة ليست بالضرورة في مصلحة الجينات. للمرة الأولى في تاريخ الحياة على الأرض، أصبحنا نفهم ما يجري؛ لقد أصبحنا مستنيرين. تحتوي القشرة المخية الحديثة لدينا على نموذج للتطور ونموذج للكون وهي الآن تفهم الحقيقة الكامنة وراء وجودنا، وبسبب معرفتنا وذكائنا، يمكننا التفكير والتصرف بطرق ليست في مصلحة الجينات، مثل استخدام وسائل منع الحمل أو تعديل الجينات التي لا نحبها.

أرى الوضع الإنساني الحالي على أنه معركة بين قوتين قويتين؛ في أحد الجانبين، لدينا الجينات والتطور، والتي سيطرت على الحياة لمليارات السنين؛ لا تهتم الجينات ببقاء الأفراد، ولا تهتم ببقاء

مجتمعنا؛ فمعظم الناس لا يهتمون بما إذا كان جنسنا سينقرض، لأن الجينات توجد عادة في أنواع متعددة، فالجينات تهتم فقط بعمل نسخ من نفسها. بالطبع، الجينات مجرد جزيئات ولا «تهتم» بأي شيء، لكن من المفيد الإشارة إليها بمصطلحات تجسدها.

في الجانب الآخر، التنافس مع جيناتنا هو ذكاؤنا الذي ظهر حديثاً؛ تريد «الأنا» العقلية الموجودة في أدمغتنا التحرر من العبودية الجينية، حتى لا تعود أسيرة العمليات الداروينية التي أوصلتنا جميعاً إلى هنا، فنحن كأفراد أذكياء نريد أن نعيش إلى الأبد وأن نحافظ على مجتمعنا.

نريد الهروب من قوى التطور.

تحميل دماغك

يعد تحميل الدماغ على حاسوب أحد وسائل الهروب، إذ سيسمح لنا هذا بتجنب فوضى علم الأحياء والعيش إلى الأبد كنسخة محاكاة حاسوبية لأنفسنا السابقة. لن أسمي تحميل الدماغ فكرة سائدة، لكنها كانت موجودة منذ فترة طويلة ويجدها كثير من الناس جذابة.

اليوم، ليس لدينا المعرفة أو التكنولوجيا اللازمة لتحميل الدماغ، ولكن هل يمكننا ذلك في المستقبل؟ من الناحية النظرية، لا أرى مانعاً، ومع ذلك، فالأمر من الناحية التقنية صعب لدرجة أننا قد لا نتمكن أبداً من القيام بذلك، لكن، بغض النظر عما إذا كان ذلك ممكناً من الناحية الفنية، إلا أنني لا أعتقد أنه سيكون مرضياً، أي حتى لو أمكنك تحميل دماغك على حاسوب، فلا أعتقد أنك سترغب في الحصول على النتيجة.

دعونا نناقش أولاً جدوى تحميل أدمغتنا؛ الفكرة الأساسية هي أن نقوم بعمل خريطة لكل خلية عصبية وكل مشابك ثم نعيد إنشاء كل هذه البنية في البرنامج، وعندها يحاكي الحاسوب دماغك، وعندما يفعل ذلك، سيشعر وكأنه أنت؛ ستكون «أنت» على قيد الحياة، لكن «أنت» ستكون في دماغ حاسوب بدلاً من دماغك البيولوجي القديم.

ما هو المقدار الذي يجب علينا أن نحمله لنقول إننا حمّلناك؟ من الواضح أن هناك حاجة إلى القشرة المخية الحديثة لأنها عضو الفكر والذكاء. تتشكل العديد من ذكرياتنا اليومية في مجمع الحُصين، لذلك نحن بحاجة إلى ذلك أيضاً. ماذا عن كل المراكز العاطفية في الدماغ القديم؟ ماذا عن جذع الدماغ والحبل الشوكي؟ لن يكون للحاسوب الذي نُحمل إليه رئتان أو قلب، فهل نحتاج إلى تحميل أجزاء الدماغ التي تتحكم فيها؟ هل يجب أن نسمح لدماغنا المحمّل أن يشعر بالألم؟ قد تعتقد، «بالطبع لا، نريد فقط الأشياء الجيدة»، لكن جميع أجزاء دماغنا مترابطة بطرق معقدة. إذا لم نقم بتضمين كل شيء، فإن الدماغ الذي تم

تحميله سيواجه مشاكل خطيرة. تذكر كيف يمكن للشخص أن يشعر بألم منهك في طرف وهمي، وهو ألم ناتج عن فقدان طرف واحد، فإذا قمنا بتحميل القشرة المخية الحديثة، فستحتوي على تمثيلات لكل جزء من جسمك، وإذا لم يكن الجسد هناك، فقد يكون لديك ألم شديد في كل مكان؛ قد توجد مشاكل مماثلة لكل جزء آخر من الدماغ. إذا تم ترك شيء ما، فسيتم الخلط بين الأجزاء الأخرى من الدماغ، ولن تعمل بشكل صحيح. الحقيقة هي، إذا أردنا تحميلك، ونريد أن يكون الدماغ الذي تم تحميله طبيعياً، فعلينا تحميل الدماغ بالكامل.

ماذا عن جسدك؟ «أنا لست بحاجة إلى جسد، فطالما يمكنني التفكير ومناقشة الأفكار مع أشخاص آخرين، سأكون سعيداً»، لكن دماغك البيولوجي مصمم للتحدث باستخدام رئتيك وحنجرتك، مع عضلاتها الخاصة، أضف إلى ذلك أن دماغك البيولوجي تعلم أن يرى بعينيك، بترتيبهما الخاص للمستقبلات الضوئية. إذا كان دماغك المحاكي سيبدأ في التفكير من حيث توقف دماغك البيولوجي، فسنحتاج إلى إعادة إنشاء عينيك: عضلات العين، وشبكية العين، وما إلى ذلك بالطبع، لا يحتاج الدماغ الذي تم تحميله إلى جسد مادي أو عين مادية يجب أن تكون المحاكاة كافية. لكن هذا يعني أنه سيتعين علينا محاكاة جسدك وأعضائك الحسية. الدماغ والجسم مرتبطان ببعضهما البعض بشكل وثيق، ومن نواحٍ كثيرة، يعتبران نظاماً منفرداً. لا يمكننا القضاء على أجزاء من الدماغ أو أجزاء من الجسم دون العبث بشيء خطير؛ فلا شيء من هذا يشكّل عقبة أساسية، هذا يعني فقط أنه من الصعب جداً تحميلك على حاسوب وستكون الصعوبة أكثر مما يتخيله معظم الناس.

السؤال التالي الذي يتعين علينا الإجابة عنه هو كيفية «قراءة» تفاصيل دماغك البيولوجي. كيف يمكننا اكتشاف وقياس كل شيء بالتفصيل الكافي لإعادة إنشائك على حاسوب؟ يمتلك دماغ الإنسان حوالى مئة مليار خلية عصبية ومئات التريليونات من نقاط الاشتباك العصبي، فكل خلية عصبية ومشابكها لها شكل معقد وهيكل داخلي، ولإعادة إنشاء الدماغ في حاسوب، علينا أن نأخذ لقطة تحتوي على موقع وبنية كل خلية عصبية وكل مشابكها العصبية. اليوم، ليس لدينا التكنولوجيا للقيام بذلك في دماغ ميت، ناهيك عن دماغ حي، أضف إلى ذلك أن حجم البيانات المطلوبة لتمثيل الدماغ يتجاوز بشكل كبير قدرة أنظمة الحواسيب الحالية لدينا. يعد الحصول على التفاصيل اللازمة لإعادة إنشائك على حاسوب أمراً صعباً للغاية لدرجة أننا قد لا نتمكن من القيام به على الإطلاق.

لكن، دعونا نضع كل هذه المخاوف جانباً؛ لنفترض أنه في وقت ما في المستقبل أصبحت لدينا القدرة على قراءة كل ما نحتاجه على الفور لإعادة إنشائك على حاسوب، لنفترض أن لدينا حواسيب تتمتع بقوة كافية لمحاكاتك أنت وجسمك، إذا تمكنا من القيام بذلك، فليس لديّ شك في أن الدماغ المعتمد على الحاسوب سيكون مدركاً وواعياً، مثلك تماماً. لكن هل تريد هذا؟ ربما كنت تتخيل أحد السيناريوهات

التالية.

أنت في نهاية حياتك؛ يقول الطبيب إن لديك ساعات فقط للعيش، في تلك اللحظة، تقلب المفتاح، ويصبح دماغك فارغاً، وبعد بضع دقائق، تستيقظ وتجد نفسك تعيش في جسم جديد قائم على حاسوب، من دون أن تُمس ذكرياتك، وتشعر بالصحة مرة أخرى، وتبدأ حياتك الأبدية الجديدة، فتصرخ قائلاً: «رائع، أنا على قيد الحياة».

تخيل الآن سيناريواً مختلفاً قليلاً؛ فلنفترض أن لدينا التكنولوجيا لقراءة دماغك البيولوجي دون التأثير عليه؛ الآن عندما تقلب المفتاح، يتم نسخ دماغك إلى حاسوب، لكنك لا تشعر بأي شيء، وبعد لحظات، يقول الحاسوب: «رائع، أنا على قيد الحياة»، لكنك أنت، البيولوجي، ما زلت هنا أيضاً. هناك اثنان منك الآن، واحد في جسم بيولوجي والآخر في جسم حاسوب. يقول الحاسوب: «الآن بعد أن تم تحميلي، لست بحاجة إلى جسدي القديم، لذا، يرجى التخلص منه»، ويقول الشخص البيولوجي: «انتظر لحظة. ما زلت هنا، لا أشعر بأي اختلاف، ولا أريد أن أموت»، ماذا يجب أن نفعل بهذا الخصوص؟

ربما يكون حل هذه المعضلة هو السماح للبيولوجيا أن تعيش بقية حياتها وتموت لأسباب طبيعية؛ يبدو ذلك عادلاً، ومع ذلك، حتى يحدث ذلك، سيكون هناك اثنان منك؛ البيولوجي - أنت والحاسوب - وسيكون لديكما تجارب مختلفة، لذلك، مع تقدم الوقت، تنموان منفصلين وتتطوران إلى شخصين مختلفين.

ولكن، ما قد يجعل الأمور أسوأ، هو احتمال أن يكون هناك ضغط لتحميل دماغك في وقت مبكر من حياتك. على سبيل المثال، تخيل أن الصحة الفكرية للحاسوب - تعتمد على الصحة الفكرية لبيولوجيا - في وقت التحميل، لذلك، لتحقيق أقصى قدر من جودة الحياة لنسختك الخالدة، يجب عليك تحميل دماغك عندما تكون في أقصى صحتك العقلية، على سبيل المثال في سن الخامسة والثلاثين. سبب آخر قد يجعلك ترغب في تحميل دماغك في وقت مبكر من الحياة هو أن كل يوم تعيش فيه في جسم بيولوجي هو يوم قد تموت فيه عن طريق الصدفة، وبالتالي تفقد فرصة الخلود، ولذلك، قررت تحميل نفسك في سن الخامسة والثلاثين. اسأل نفسك، هل ستشعر – بيولوجياً - في الخامسة والثلاثين من العمر بالراحة لقتل نفسك بعد عمل نسخة من دماغك؟ هل ستشعر - أنت بيولوجياً - أنك قد حققت الخلود لأن نسختك الحاسوبية انفجرت في حياتها الخاصة وأنت تتقدم في العمر ببطء وتموت؟ لا أعتقد ذلك. «تحميل دماغك» عبارة مضللة، فما فعلته حقاً هو تقسيم نفسك إلى شخصين.

تخيل الآن أنك تقوم بتحميل دماغك، ثم يقوم الحاسوب على الفور بعمل ثلاث نسخ منه؛ فهناك الآن أربعة نسخ حاسوبية منك بالإضافة إلى نسختك الأصلية البيولوجية. عندما تبتعد أنت البيولوجي عن نسخك الحاسوبية الأربعة سيبدأ كل واحد منكم في خوض تجارب مختلفة، وسيكون كل واحد من الخمسة واعياً

بشكل مستقل. هل سيجعل هذا منك خالداً؟ أي من نسخك الحاسوبية الأربعة هو أنت الخالد؟ بينما يتقدم الشخص البيولوجي - تتقدم في العمر ببطء، وتتجه نحو الموت، ترى النسخ الحاسوبية الأربعة - تنطلق لتعيش حياتها المنفصلة. لا يوجد «أنت» جماعي، فقط خمسة أفراد. ربما بدأت من الدماغ والذكريات نفسها، لكنها أصبحت على الفور كائنات منفصلة، وبعد ذلك عاشت حياة منفصلة.

ربما لاحظت أن هذه السيناريوهات تشبه إنجاب الأطفال؛ الاختلاف الكبير، بالطبع، هو أنك لا تحمّل دماغك إلى رؤوس أطفالك عند الولادة؛ في بعض الطرق نحاول القيام بذلك، فنخبر أطفالنا عن تاريخ عائلاتهم ونقوم بتدريبهم على مشاركة أخلاقياتنا ومعتقداتنا. بهذه الطريقة، ننقل بعضاً من معرفتنا إلى أدمغة أطفالنا، لكن مع تقدمهم في السن، تصبح لهم تجارب خاصة ويصبحون أشخاصاً منفصلين، تماماً مثل الدماغ المحمّل. تخيل إن كنت تستطيع تحميل دماغك إلى أطفالك؛ هل تريد أن تفعل ذلك؟ إذا فعلت ذلك، أعتقد أنك ستندم عليه، إذ سيكون أطفالك مثقلين بذكريات ماضيك وسيقضون حياتهم في محاولة نسيان كل الأشياء التي فعلتها.

في البدء، يبدو تحميل الدماغ فكرة رائعة؛ فمن منا لا يريد أن يعيش إلى الأبد؟ لكن صنع نسخة من أنفسنا عن طريق تحميل دماغنا على حاسوب لن يحقق الخلود أكثر من إنجاب الأطفال؛ فتقليد نفسك هو عبارة عن مفترق طرق وليس امتداداً له.

دمج دماغك بحاسوب

أحد البدائل لتحميل دماغك هو دمجه بحاسوب؛ في هذا السيناريو، يتم وضع أقطاب كهربائية في دماغك وبعد ذلك توصل بحاسوب. الآن، يمكن لدماغك تلقي المعلومات مباشرة من الحاسوب، ويمكن للحاسوب تلقي المعلومات مباشرة من دماغك.

هناك أسباب وجيهة لتوصيل الأدمغة بالحواسيب، فعلى سبيل المثال، يمكن أن تسبب إصابات الحبل الشوكي بضعف أو انعدام الحركة، فمن خلال زرع أقطاب كهربائية في دماغ الشخص المصاب، يمكن للشخص أن يتعلم التحكم في ذراع الروبوت أو فأرة الحاسوب عن طريق التفكير. لقد تم بالفعل إحراز تقدم كبير في هذا النوع من الأطراف الاصطناعية التي يتحكم فيها الدماغ، وهي تعِد بتحسين حياة العديد من الأشخاص. لا يتطلب الأمر كثيراً من الوصلات من الدماغ للتحكم في ذراع الروبوت. على سبيل المثال، يمكن أن تكون بضع مئات أو حتى بضع عشرات من الأقطاب الكهربائية من الدماغ إلى الحاسوب كافية للتحكم في الحركات الأساسية للطرف.

لكن بعض الناس يحلمون بواجهة أعمق وأكثر ترابطاً بين الدماغ والآلة، حيث يوجد الملايين،

وربما المليارات، من الاتصالات التي تسير في كلا الاتجاهين، فهم يأملون أن يمنحنا هذا قدرات جديدة مذهلة، مثل الوصول إلى جميع المعلومات على الإنترنت بمجرد وصولنا إلى ذكرياتنا الخاصة حيث يمكننا إجراء عمليات حسابية وبحث عن البيانات بسرعة فائقة، وبالتالي، فإننا نعزز بشكل جذري قدراتنا الذهنية، ودمج الدماغ مع الآلة.

على غرار سيناريو «تحميل دماغك»، هناك تحديات فنية جدية يجب التغلب عليها للاندماج مع حاسوب، ويتضمن ذلك كيفية زرع ملايين الأقطاب الكهربائية في الدماغ بأقل قدر من الجراحة، وكيفية تجنب رفض الأنسجة البيولوجية للأقطاب الكهربائية، وكيفية استهداف ملايين الخلايا العصبية الفردية بشكل موثوق. في الوقت الحالي، تعمل فرق من المهندسين والعلماء على حل هذه المشكلات. مرة أخرى، لا أريد التركيز على التحديات التقنية بقدر ما أريد التركيز على الدوافع والنتائج، لذلك، لنفترض أنه يمكننا حل المشكلات الفنية؛ فلماذا نريد أن نفعل هذا؟ مرة أخرى، يكون تداخل الدماغ والحاسوب منطقياً جداً لمساعدة الأشخاص المصابين، لكن لماذا نفعل هذا للأشخاص الأصحاء؟

كما ذكرت، فإن إحدى الحجج البارزة لدمج دماغك بحاسوب هي مواجهة تهديد الذكاء الاصطناعي الخارق. تذكر تهديد الانفجار الذكائي، حيث تتفوق علينا الآلات الذكية بسرعة، وقد سبق لي أن قلت إن الانفجار الذكائي لن يحدث وليس تهديداً وجودياً، لكن هناك الكثير من الناس الذين يعتقدون عكس ذلك، فهم يأملون أنه من خلال دمج أدمغتنا مع حواسيب فائقة الذكاء، سنصبح أذكياء أيضاً، وبالتالي نتجنب التخلف عن الركب. نحن بالتأكيد ندخل منطقة الخيال العلمي، لكن هل هذا هراء؟ أنا لا أستبعد فكرة التداخل بين الدماغ والحاسوب لتحسين الدماغ؛ يجب متابعة العلم الأساسي لإعادة الحركة للمصابين. على طول الطريق، قد نكتشف استخدامات أخرى للتكنولوجيا الناتجة.

على سبيل المثال، تخيل أننا نطور طريقة لتحفيز ملايين الخلايا العصبية الفردية في القشرة المخية الحديثة بدقة؛ ربما نقوم بذلك عن طريق تصنيف الخلايا العصبية الفردية بمقتطفات دي أن أية تشبه الباركود يتم إدخالها عبر فيروس - هذا النوع من التكنولوجيا موجود اليوم - ثم ننشط هذه الخلايا العصبية باستخدام موجات الراديو الموجهة إلى رمز خلية فردية؛ هذه التقنية غير موجودة، لكنها ليست خارج نطاق الإمكان. الآن، لدينا طريقة للتحكم بدقة في ملايين الخلايا العصبية من دون جراحة أو غرسات، إذ يمكن استخدام هذا لاستعادة البصر لشخص لا تعمل عيناه، أو لإنشاء نوع جديد من أجهزة الاستشعار، مثل السماح لشخص ما بالرؤية باستخدام الأشعة فوق البنفسجية. أشك في أننا سنقوم بدمج أدمغتنا بالكامل مع حاسوب، ولكن اكتساب قدرات جديدة هو في نطاق التطورات المحتملة.

شخصياً، أنا أرى أن اقتراح «تحميل دماغك» يقدم القليل من الفوائد، وهو صعب للغاية لدرجة أنه من غير المحتمل أن يحدث على الإطلاق؛ لكن من المحتمل أن يتحقق اقتراح «دمج الدماغ مع حاسوب»

لأغراض محدودة، ولكن ليس لدرجة التوحيد الكامل للدماغ والآلة، لأن الدماغ المدمج بحاسوب لا يزال يمتلك دماغاً وجسماً بيولوجيين يتحللان ويموتان.

ولكن الأهم من كل ما تقدم، لا يعالج أي من الاقتراحين المخاطر الوجودية التي تواجه البشرية، فإذا كان جنسنا البشري لا يستطيع أن يعيش إلى الأبد، فهل هناك أشياء يمكننا القيام بها اليوم تجعل وجودنا الحالي ذا معنى، حتى عندما نرحل؟

الفصل الخامس عشر
التخطيط العقاري للبشرية

حتى الآن، كنت أناقش الذكاء في كل من الشكل البيولوجي والآلي، لكن من الآن فصاعداً أريد تحويل التركيز إلى المعرفة التي هي مجرد اسم لما تعلمناه عن العالم. معرفتك هي نموذج العالم الذي يكمن في القشرة المخية الحديثة الخاصة بك. معرفة البشرية هي مجموع ما تعلمناه بشكل فردي. في هذا والفصل الأخير، سأعرض فكرة أن المعرفة جديرة بالحفظ والتكاثر، حتى لو كان ذلك يعني القيام بذلك بشكل مستقل عن البشر.

كثيرا ما أفكر في الديناصورات. عاشت الديناصورات على الأرض لحوالى 160 مليون سنة. لقد قاتلت من أجل الطعام والأرض، وكافحت حتى لا تُكل. لقد اعتنت الديناصورات بصغارها، وحاولت حماية ذريتها من الحيوانات المفترسة. لقد عاشت لعشرات الملايين من الأجيال، ثم رحلت. لماذا كانت حياتها التي لا حصر لها؟ هل يخدم وجودها مرة واحدة أي غرض؟ تطورت بعض أنواع الديناصورات إلى طيور اليوم، ولكن انقرض معظمها. إذا لم يكتشف البشر بقايا الديناصورات، فمن المحتمل ألا يعرف أي شيء في الكون وجود الديناصورات.

يمكن أن يعاني البشر من المصير نفسه. إذا انقرض جنسنا، فهل سيعرف أي شخص أننا كنا موجودين ذات مرة، وأننا عشنا مرة واحدة هنا على الأرض؟ إذا لم يعثر أحد على رفاتنا، فإن كل ما أنجزناه ـ علمنا وفنوننا وثقافتنا وتاريخنا ـ سيضيع إلى الأبد. والضياع إلى الأبد يعادل عدم الوجود، أجد أن هذا الاحتمال غير مرضٍ بعض الشيء.

بالطبع، هناك العديد من الطرق التي يمكن أن يكون لحياتنا الفردية معنى وهدف على المدى القصير، هنا والآن. نحن نحسّن مجتمعاتنا، ونربي أطفالنا ونعلمهم، ونصنع الأعمال الفنية ونستمتع بالطبيعة. يمكن أن تؤدي هذه الأنواع من الأنشطة إلى حياة سعيدة ومرضية. لكن هذه فوائد شخصية وعابرة. إنها ذات مغزى بالنسبة إلينا أثناء وجودنا نحن وأحبائنا هنا، ولكن أي معنى أو غرض يتضاءل بمرور الوقت، ويختفي تماماً إذا انقرض جنسنا بأكمله ولم نترك أي سجلات تخبر عنا.

يكاد يكون من المؤكد أننا، الإنسان العاقل، سننقرض في مرحلة ما في المستقبل. في غضون عدة مليارات من السنين، ستموت الشمس، وتنهي الحياة في نظامنا الشمسي. قبل أن يحدث ذلك، في غضون بضع مئات من ملايين إلى مليار سنة، ستزداد حرارة الشمس، وتتوسع بشكل كبير في الحجم، مما يجعل الأرض فرناً قاحلاً. هذه الأحداث بعيدة جداً ولا داعي للقلق بشأنها الآن. لكن الانقراض المبكر أمر ممكن. على سبيل المثال، يمكن أن يصطدم كويكب كبير بالأرض - وهو أمر غير مرجح على المدى القصير، ولكن يمكن أن يحدث ذلك في أي وقت.

مخاطر الانقراض الأكثر احتمالاً التي نواجهها على المدى القصير - ولنقل، المئة أو ألف سنة قادمة - هي التهديدات التي نخلقها. لقد وُجد العديد من أقوى تقنياتنا منذ حوالى مئة عام فقط، وفي ذلك الوقت أنشأنا تهديدين وجوديين: الأسلحة النووية وتغير المناخ. من شبه المؤكد أننا سنخلق تهديدات جديدة مع تقدم تقنيتنا. على سبيل المثال، تعلمنا مؤخراً كيفية تعديل الحمض النووي بدقة، وهذا قد يتيح لنا أن ننتج سلالات جديدة من الفيروسات أو البكتيريا التي يمكن أن تقتل كل إنسان حرفياً. لا أحد يعرف ما سيحدث، لكن من غير المحتمل أن نكون قد انتهينا من إيجاد طرق لتدمير أنفسنا.

بالطبع، نحن بحاجة إلى بذل كل ما في وسعنا للتخفيف من هذه المخاطر، وأنا متفائل بشكل عام بأنه يمكننا منع قتل أنفسنا في أي وقت قريب. لكنني أعتقد أنها فكرة جيدة أن نناقش ما يمكننا فعله الآن، فقط في حالة عدم نجاح الأمور.

التخطيط العقاري هو شيء تفعله خلال حياتك ويفيد المستقبل، وليس نفسك. كثير من الناس لا يكلفون أنفسهم عناء التخطيط العقاري لأنهم يعتقدون أنه لا يوجد شيء فيها. لكن هذا ليس صحيحاً بالضرورة. غالباً ما يشعر الأشخاص الذين يضعون خططاً للعقارات أنها توفر إحساساً بالهدف أو تخلق إرثاً. بالإضافة إلى ذلك، فإن عملية إنشاء خطة التركة تجبرك على التفكير في الحياة من منظور واسع. حان الوقت للقيام بذلك قبل أن تكون على فراش الموت، لأنه بحلول ذلك الوقت قد لا تكون لديك القدرة على التخطيط والتنفيذ. وينطبق الشيء نفسه على التخطيط العقاري للبشرية. الآن هو الوقت المناسب للتفكير في المستقبل وكيف يمكننا التأثير عليه عندما لم نعد هنا.

عندما يتعلق الأمر بالتخطيط العقاري للبشرية، من قد يستفيد؟ من المؤكد أن المستفيدين لن يكونوا بشراً، لأن الفرضية هي أننا رحلنا. المستفيدون من تخطيطنا هم كائنات ذكية أخرى. يمكن فقط للحيوان الذكي أو الآلة الذكية أن تقدر وجودنا وتاريخنا ومعرفتنا المتراكمة. أرى فئتين عريضتين من كائنات المستقبل للتفكير فيهما. إذا انقرض البشر واستمرت الحياة الأخرى، فمن الممكن أن تتطور الحيوانات الذكية مرة ثانية على الأرض. من المؤكد أن أي حيوان ذكي من النوع الثاني سيكون مهتماً بمعرفة أكبر قدر ممكن عن البشر الذين وجدوا من قبل. قد نطلق على هذا سيناريو كوكب القردة. المجموعة الثانية التي

يمكننا محاولة الوصول إليها هي أنواع ذكية خارج كوكب الأرض تعيش في أماكن أخرى من مجرتنا. قد يتداخل وقت وجودهم مع وقتنا، أو قد يكون بعيداً في المستقبل. سأناقش السيناريوهين، على الرغم من أنني أعتقد أن التركيز على الأخير من المرجح أن يكون الأكثر أهمية بالنسبة إلينا على المدى القصير.

لماذا قد تهتم بنا الكائنات الذكية الأخرى؟ ماذا يمكننا أن نفعل الآن حتى نُقدّر بعد رحيلنا؟ أهم شيء هو إخبارهم بأننا كنا موجودين. هذه الحقيقة وحدها ذات قيمة. فكّر في المقدار الذي نقدره إذا عرفنا أن الحياة الذكية موجودة في مكان آخر في مجرتنا. بالنسبة إلى كثير من الناس، سيغير ذلك تماماً نظرتهم إلى الحياة. حتى لو لم نتمكن من التواصل مع الكائنات خارج الأرض، فسيكون من المهم للغاية بالنسبة إلينا معرفة أنها موجودة أو كانت موجودة في السابق. هذا هو الهدف من البحث عن ذكاء خارج كوكب الأرض (SETI)، وهو برنامج بحثي مصمم للعثور على دليل على وجود حياة ذكية في أجزاء أخرى من المجرة.

إلى جانب حقيقة أننا كنا هنا في يوم من الأيام، يمكننا توصيل تاريخنا ومعرفتنا. تخيل لو استطاعت الديناصورات أن تخبرنا كيف عاشت وما الذي أدى إلى زوالها. سيكون ذلك ممتعاً للغاية وربما مفيداً بشكل حيوي لنا. لكن لأننا أذكياء، يمكننا أن نقول للمستقبل أشياء أكثر قيمة بكثير مما يمكن أن تخبرنا به الديناصورات. لدينا القدرة على نقل كل ما تعلمناه. قد تكون لدينا معرفة علمية وتكنولوجية أكثر تقدماً مما يعرفه المستلم. (ضع في اعتبارك أننا نتحدث عما نعرفه في المستقبل، والذي سيكون أكثر تقدماً مما نعرفه الآن). مرة أخرى، فكر في مدى أهمية ذلك بالنسبة إلينا اليوم إذا استطعنا أن نتعلم، على سبيل المثال، ما إذا كان السفر عبر الزمن ممكناً، أو كيفية صنع مفاعل اندماج عملي، أو ما هي الإجابات على الأسئلة الأساسية، مثل ما إذا كان الكون محدوداً أم لا نهائياً.

أخيراً، قد تتاح لنا الفرصة لنقل ما أدى إلى زوالنا. على سبيل المثال، إذا تمكنا اليوم من تعلم أن الكائنات الذكية الموجودة على الكواكب البعيدة قد انقرضت بسبب تغير المناخ بفعلها الذاتي، فسنأخذ وضع المناخ الحالي على محمل الجد. إن معرفة المدة التي تواجدت فيها الأنواع الذكية الأخرى وما أدى إلى زوالها سيساعدنا على البقاء على قيد الحياة لفترة أطول. من الصعب إعطاء قيمة لهذا النوع من المعرفة.

سأناقش هذه الأفكار أكثر من خلال وصف ثلاثة سيناريوهات قد نستخدمها للتواصل مع المستقبل.

رسالة في زجاجة

إذا كنت عالقاً في جزيرة مهجورة، يمكنك كتابة رسالة ووضعها في زجاجة ثم إلقاؤها في البحر. ماذا تكتب؟ قد تشير إلى مكانك وتأمل أن يكتشف شخص ما الرسالة بسرعة وينقذك، ولكن لن يكون لديك

الكثير من الأمل في أن يحدث ذلك. من المرجح أن يتم العثور على رسالتك بعد فترة طويلة من رحيلك. لذا بدلاً من ذلك، قد تكتب عن هويتك وكيف أصبحت عالقاً في الجزيرة. سيكون أملك أن يعرف مصيرك ويتلى من قبل شخص ما في المستقبل. الزجاجة ورسالتك وسيلة لا تُنسى.

خرجت مسابير الكواكب بايونير التي تم إطلاقها في أوائل السبعينيات من نظامنا الشمسي، مروراً ببحر الفضاء العظيم. دعا عالم الفلك كارل ساجان إلى تضمين لوحة على تحقيقات بايونير. تُظهر اللوحات من أين أتت المسابير وتتضمن صورة لرجل وامرأة. في وقت لاحق من ذلك العقد، تضمنت مجسات فوييجر بالمثل سجلاً ذهبياً يحتوي على أصوات وصور من الأرض، وهذا السجل ترك أيضاً في النظام الشمسي. لا نتوقع رؤية هذه المركبات الفضائية مرة أخرى. بالمعدل الذي تتحرك فيه، سوف تمر عشرات الآلاف من السنين قبل أن تصل إلى نجم آخر. على الرغم من أن المجسات لم تصمم لغرض التواصل مع كائنات فضائية بعيدة، إلا أنها رسائلنا الأولى في زجاجة. هي في الغالب رمزية. ليس بسبب الوقت الذي سيستغرقونه للوصول إلى جمهور محتمل، ولكن لأنه من المحتمل ألا يُعثر عليها مطلقاً. المساحة كبيرة جداً والمركبة صغيرة جداً لدرجة أن فرصة أن يعثر عليها تكاد تكون ضئيلة. ومع ذلك، من المريح معرفة أن هذه المركبات الفضائية موجودة، وتسافر عبر الفضاء في الوقت الحالي. إذا انفجر نظامنا الشمسي غداً، فستكون هذه اللوحات والسجلات هي السجل المادي الوحيد للحياة على الأرض؛ ستكون إرثنا الوحيد.

اليوم، هناك مبادرات لإرسال المركبات الفضائية إلى النجوم القريبة. يُطلق على أحد الجهود البارزة اسم اختراق ستار شوت. إنه يتصور استخدام ليزر فضاء عالي الطاقة لدفع مركبة فضائية صغيرة إلى أقرب نجم مجاور لنا، ألفا سنتوري. الهدف الأساسي من هذه المبادرة هو التقاط صور للكواكب التي تدور حول ألفا سنتوري وإعادة إرسالها إلى الأرض. في ظل الافتراضات المتفائلة، ستستغرق العملية برمتها عدة عقود.

مثل مجسات بايونير وفوييجر، ستستمر مركبة ستار شوت في التحرك عبر الفضاء لفترة طويلة بعد رحيلنا. إذا تم اكتشاف المركبة الفضائية من قبل كائنات ذكية في مكان آخر من المجرة، فعندئذ ستعرف تلك الكائنات أننا كنا في يوم من الأيام، وأننا كنا أذكياء بما يكفي لإرسال المركبات الفضائية بين النجوم. لسوء الحظ، هذه طريقة سيئة لتوصيل وجودنا عمداً إلى كائنات أخرى. المركبة الفضائية صغيرة وبطيئة، ولا يمكنها الوصول إلا إلى جزء صغير من مجرتنا، وحتى إذا وصلت إلى نظام نجمي مأهول، فإن احتمالية اكتشافهم ضئيلة.

اترك المصابيح مضاءة

لقد أنفق برنامج البحث عن الذكاء خارج الأرض سنوات في محاولة اكتشاف الحياة الذكية في أماكن أخرى من مجرتنا. يفترض برنامج البحث عن الذكاء خارج الأرض أن كائنات ذكية أخرى تبث إشارة بقوة كافية يمكننا اكتشافها هنا على الأرض. ترسل عمليات البث الخاصة بالرادار والراديو والتلفزيون أيضاً إشارات إلى الفضاء، ولكن هذه الإشارات ضعيفة جداً لدرجة أننا، باستخدام تقنية البحث عن الذكاء خارج الأرض الحالية، لا يمكننا اكتشاف إشارات مماثلة من الكواكب الأخرى، إلا إذا جاءت من واحد قريب جداً منا. ومن ثم، في الوقت الحالي، يمكن أن يكون هناك ملايين من الكواكب ذات الحياة الذكية مثل حياتنا، منتشرة في جميع أنحاء مجرتنا، وإذا كان لكل كوكب برنامج البحث عن الذكاء خارج الأرض مثلنا تماماً - فلن يكتشف أي شيء. هم، مثلنا، سيقولون: «أين الجميع؟».

لكي ينجح برنامج البحث عن الذكاء خارج الأرض، نفترض أن الكائنات الذكية تخلق عن قصد إشارات قوية مصممة ليتم اكتشافها عبر مسافات طويلة. من الممكن أيضاً أن نتمكن من اكتشاف إشارة غير مخصصة لنا. وهذا يعني أننا قد نتوافق مع إشارة عالية الاستهداف، ونلتقط محادثة عن غير قصد. ولكن، بالنسبة إلى الجزء الأكبر، يفترض برنامج البحث عن الذكاء خارج أن الأنواع الذكية تحاول تعريف نفسها عن طريق إرسال إشارة قوية.

سيكون من الجيد إذا فعلنا الشيء نفسه. يُشار إلى هذا باسم METI، والذي يعني إرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض. قد تتفاجأ عندما تعلم أن قلة قليلة من الناس يعتقدون أن إرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض فكرة سيئة - مثل أسوأ فكرة على الإطلاق. إنهم يخشون أنه من خلال إرسال إشارة إلى الفضاء وبالتالي جعل وجودنا معروفاً، فإن كائنات أخرى أكثر تقدماً ستأتي وتقتلنا، أو تستعبدنا، أو تجري تجارب علينا، أو ربما تصيبنا بالخطأ بخلل. ربما تبحث هذه الكائنات عن كواكب يمكنها العيش عليها وأسهل طريقة للعثور على كواكب هي انتظار أشخاص مثلنا يرفعون أيدينا ويقولون: «نحن هنا». على أي حال، سيكون هذا قدر البشرية.

هذا يذكرني بأحد الأخطاء الأكثر شيوعاً التي يرتكبها رواد التكنولوجيا، إنهم يخشون من أن يسرق شخص ما فكرتهم وبالتالي يحافظون عليها سرا. في جميع الحالات تقريباً، من الأفضل مشاركة فكرتك مع أي شخص قد يكون قادراً على مساعدتك. يمكن للآخرين أن يقدموا لك نصائح حول المنتجات والأعمال ويساعدونك بعدة طرق أخرى. من المرجح أن ينجح رواد الأعمال من خلال إخبار الناس بما يفعلونه أكثر مما قد يجنونه من نجاح إن حافظوا على الأمر سراً. من الطبيعة البشرية أن تشك في أن كل شخص يريد سرقة فكرتك، ولكن في الحقيقة ستكون محظوظاً إذا كان هناك شخص مهتم بفكرتك.

إن مخاطر إرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض مبنية على سلسلة من الافتراضات غير المحتملة. الافتراض الأول أن الكائنات الذكية الأخرى قادرة على السفر بين النجوم، والثاني أنها على

استعداد لإنفاق وقت وطاقة كبيرين للقيام برحلة إلى الأرض. ما لم تكن الكائنات الفضائية في مكان قريب، فقد يستغرق الأمر آلاف السنين حتى تصل إلى هنا. والافتراض الثالث أن الكائنات الذكية تحتاج إلى الأرض أو شيء ما على الأرض لا يمكنها الحصول عليه بأي طريقة أخرى، لذا فإن الأمر يستحق الزيارة. أما الافتراض الرابع فهو أنه على الرغم من امتلاكها التكنولوجيا للسفر بين النجوم، إلا أنها لا تمتلك التكنولوجيا لاكتشاف الحياة على الأرض ما لم نخبرها بوجودنا. وأخيراً، يفترض أن مثل هذه الحضارة المتقدمة ستكون على استعداد لإلحاق الأذى بنا، بدلاً من محاولة مساعدتنا أو على الأقل عدم إيذائنا.

فيما يتعلق بهذه النقطة الأخيرة، من المقبول أن نفترض أن الكائنات الذكية في أماكن أخرى من المجرة تطورت من حياة غير ذكية، تماماً كما فعلنا. لذلك، ربما واجه الفضائيون أنواع المخاطر الوجودية نفسها التي نواجهها اليوم. إن البقاء على قيد الحياة لفترة كافية لتصبح نوعاً من الأنواع التي ترتاد المجرات يعني أنها تجاوزت هذه المخاطر بطريقة ما. لذلك، من المحتمل أن أياً كان ما يعادله في الدماغ الآن لن تهيمن عليه المعتقدات الخاطئة أو السلوك العدواني الخطير. ليس هناك ما يضمن حدوث ذلك، لكنه يقلل من احتمالية إلحاق الضرر بنا.

لكل الأسباب المذكورة أعلاه، أعتقد أنه ليس لدينا ما نخشاه من إرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض. مثل رائد أعمال جديد، سيكون من الأفضل لنا أن نحاول إخبار العالم أننا موجودون ونأمل أن يهتم أي شخص.

تعتمد أفضل طريقة للتعامل مع كل من البحث عن الذكاء خارج الأرض وإرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض بشكل حاسم على المدة التي تستمر فيها الحياة الذكية عادةً. من الممكن أن يكون الذكاء قد نشأ ملايين المرات في مجرتنا ولم يكن أي من الكائنات الذكية تقريباً موجوداً في الوقت نفسه. إليك تشبيه: تخيل أن خمسين شخصاً تمت دعوتهم إلى حفلة مسائية. يصل الجميع في وقت يتم اختياره عشوائياً. عندما يصلون إلى هناك، يفتحون الباب ويدخلون. ما هي احتمالات رؤيتهم حفلة أو غرفة فارغة؟ يعتمد ذلك على المدة التي يقضيها كل منهم. إذا بقي جميع المدعوين لمدة دقيقة واحدة قبل المغادرة، فسيرى كل من يحضر تقريباً غرفة فارغة، ويستنتج أنه لم يحضر أي شخص آخر إلى الحفلة. إذا بقي رواد الحفلة لمدة ساعة أو ساعتين، فستكون الحفلة ناجحة، مع وجود الكثير من الأشخاص في الغرفة في الوقت نفسه.

نحن لا نعرف إلى متى تستمر الحياة الذكية عادة. يبلغ عمر مجرة درب التبانة حوالى ثلاثة عشر مليار سنة. لنفترض أنها كانت قادرة على دعم الحياة الذكية لنحو عشرة مليارات سنة. فهذه هي حفلتنا. إذا افترضنا أن البشر ظلوا على قيد الحياة كنوع تكنولوجي لعشرة آلاف عام، فسيبدو الأمر كما لو أننا حضرنا لحفلة مدتها ست ساعات، ولكننا بقينا فقط لمدة خمسين من الثانية. حتى لو أتلا عشرات الآلاف

من الكائنات الذكية الأخرى إلى الحفلة نفسها، فمن المحتمل ألا نرى أي شخص آخر أثناء وجودنا هناك. سنرى غرفة فارغة. إذا كنا نتوقع اكتشاف حياة ذكية في مجرتنا، فهذا يتطلب أن تحدث الحياة الذكية في كثير من الأحيان وأن تستمر لفترة طويلة.

أتوقع أن تكون الحياة خارج كوكب الأرض أمراً شائعاً. تشير التقديرات إلى أن هناك حوالى أربعين مليار كوكب في مجرة درب التبانة وحدها يمكنها دعم الحياة، وظهرت الحياة على الأرض منذ مليارات السنين، بعد وقت قصير من تشكل الكوكب. إذا كانت الأرض نموذجية، فستكون الحياة شائعة في مجرتنا.

أعتقد أيضاً أن العديد من الكواكب ذات الحياة ستطور في النهاية حياة ذكية. لقد اقترحت أن الذكاء يعتمد على آليات الدماغ التي تطورت أولاً لتحريك أجسادنا والتعرف إلى الأماكن التي كنا فيها. لذلك، قد لا يكون الذكاء رائعاً للغاية بمجرد تحرك حيوانات متعددة الخلايا. مع ذلك، نحن مهتمون بالحياة الذكية التي تفهم الفيزياء والتي تمتلك التقنيات المتقدمة اللازمة لإرسال واستقبال الإشارات من الفضاء. على الأرض، حدث هذا مرة واحدة فقط ومؤخراً فقط. ليس لدينا بيانات كافية لمعرفة مدى شيوع الأنواع مثلنا، ولكنني أظن أن الأنواع التكنولوجية تحدث في كثير من الأحيان أكثر مما قد تستنتج إذا نظرت للتو في تاريخ الأرض. إنني مندهش من الوقت الذي استغرقه ظهور التقنيات المتقدمة على كوكبنا. على سبيل المثال، لا أرى سبباً لعدم ظهور الأنواع المتقدمة تقنياً قبل مئة مليون سنة عندما جابت الديناصورات الأرض.

بغض النظر عن مدى شيوع الحياة المتقدمة تقنياً، فقد لا تستمر لفترة طويلة. من المحتمل أن تواجه الأنواع المتقدمة تقنياً في أماكن أخرى من المجرة مشاكل مماثلة لتلك التي نواجهها. يشير تاريخ الحضارات الفاشلة على الأرض - بالإضافة إلى التهديدات الوجودية التي نخلقها - إلى أن الحضارات المتقدمة قد لا تدوم طويلاً. بالطبع، من الممكن أن تتمكن الأنواع مثلنا من معرفة كيفية البقاء على قيد الحياة لملايين السنين، لكنني لا أعتبر ذلك محتملاً.

الآثار المترتبة على ذلك هي أن الحياة الذكية والمتقدمة تقنياً ربما نشأت ملايين المرات في مجرة درب التبانة. لكن عندما ننظر إلى النجوم، لن نجد حياة ذكية تنتظر إجراء محادثة معنا. بدلاً من ذلك، سنرى نجوماً حيث وجدت حياة ذكية ذات يوم، ولكنها لم تعد موجودة اليوم. الجواب على السؤال «أين الجميع؟» هو أنهم تركوا الحفلة بالفعل.

هناك طريقة للالتفاف على كل هذه القضايا. هناك طريقة لاكتشاف الحياة الذكية في مجرتنا، وربما حتى في المجرات الأخرى. تخيل أننا أنشأنا إشارة تشير إلى أننا كنا هنا على الأرض. يجب أن تكون الإشارة قوية بما يكفي ليتم اكتشافها من بعيد، ويجب أن تستمر لفترة طويلة بعد رحيلنا. يشبه إنشاء مثل

هذه الإشارة ترك بطاقة اتصال في الحفلة كتب عليها «كنا هنا». الأشخاص الذين يظهرون لاحقاً لن يجدونا، لكنهم سيعرفون أننا كنا موجودين من قبل.

يشير هذا إلى طريقة مختلفة للتفكير في البحث عن الذكاء خارج الأرض وإرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض . على وجه التحديد، يقترح علينا أن نركز جهودنا أولاً على كيفية إنشاء إشارة طويلة الأمد. أعني بالمدى الطويل مئة ألف سنة، أو ربما ملايين السنين أو حتى مليار. كلما طالت مدة الإشارة، زاد احتمال نجاحها. هناك فائدة ثانوية لطيفة لهذه الفكرة: بمجرد اكتشافنا لكيفية عمل مثل هذه الإشارة، سنعرف ما الذي نبحث عنه لأنفسنا. من المحتمل أن تصل الكائنات الذكية الأخرى إلى نفس الاستنتاجات التي توصلنا إليها. هم أيضاً سيبحثون عن كيفية إنشاء إشارة تدوم طويلاً. بمجرد معرفة كيفية القيام بذلك، يمكننا البدء في البحث عنه.

اليوم، يبحث إرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض عن إشارات الراديو التي تحتوي على نمط يشير إلى أن الإشارة تم إرسالها من قبل كائن ذكي. على سبيل المثال، الإشارة التي تكرر أول عشرين رقماً π ستنشأ بالتأكيد بواسطة نوع ذكي. أشك في أننا سنجد مثل هذه الإشارة على الإطلاق. يفترض أن الكائنات الذكية في أماكن أخرى من مجرتنا قد أنشأت جهاز إرسال لاسلكي قوي، وباستخدام الحواسيب والإلكترونيات، ضع رمزاً في الإشارة. لقد فعلنا هذا بأنفسنا بضع مرات. يتطلب الأمر هوائياً كبيراً موجهاً إلى الفضاء، وطاقة كهربائية، وأشخاص، وحواسيب. بسبب المدة القصيرة للإشارات التي أرسلناها، كانت الرسائل جهوداً رمزية أكثر من المحاولات الجادة للوصول إلى بقية مجرتنا.

تكمن مشكلة بث إشارة باستخدام الكهرباء والحواسيب والهوائيات في أن النظام لن يعمل لفترة طويلة. لن تظل الهوائيات والإلكترونيات والأسلاك وما إلى ذلك تعمل حتى مئة عام بدون صيانة، ناهيك عن مليون عام. يجب أن تكون الطريقة التي نختارها للإشارة إلى وجودنا قوية وموجهة على نطاق واسع ومستدامة ذاتياً. بمجرد البدء، يجب أن يعمل بشكل موثوق به لملايين السنين دون أي صيانة أو تدخل. هذه هي الطريقة التي تعمل بها النجوم. بمجرد أن يبدأ النجم، يبعث كميات كبيرة من الطاقة لمليارات السنين. نريد أن نجد شيئاً مشابهاً، ولكن لا يمكن أن يبدأ من دون تتدخل إرشادي للأنواع الذكية.

وجد علماء الفلك العديد من المصادر الغريبة للطاقة في الكون، على سبيل المثال، تتأرجح أو تدور أو تنبعث منها رشقات نارية قصيرة. يبحث علماء الفلك عن تفسيرات طبيعية لهذه الإشارات غير العادية، وعادة ما يجدونها. ربما بعض الظواهر التي لم يتم تفسيرها بعد ليست طبيعية، ولكن نوع الإشارة التي أتحدث عنها، إن كانت من صنع كائنات ذكية. سيكون ذلك لطيفاً، لكنني أشك في أن الأمر سيكون بهذه السهولة. من الأرجح أن علماء الفيزياء والمهندسين سيضطرون إلى العمل على هذه المشكلة لفترة من الوقت للتوصل إلى مجموعة من الأساليب الممكنة لإنشاء إشارة قوية ومستدامة ذاتياً والتي سبق لكائن

ذكي أن صنعها. يجب أن تكون الطريقة أيضاً شيئاً يمكننا تنفيذه. على سبيل المثال، قد يتصور الفيزيائيون نوعاً جديداً من مصادر الطاقة القادرة على توليد مثل هذه الإشارة، ولكن إذا لم تكن لدينا القدرة على إنشائها بأنفسنا، فعلينا أن نفترض أن الكائنات الذكية الأخرى لا تستطيع أيضاً، لذا علينا متابعة البحث.

لقد فكرت بهذه المشكلة لسنوات، في الآونة الأخيرة، ظهر مرشح. من أكثر المجالات إثارة في علم الفلك اليوم اكتشاف الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى. حتى وقت قريب، لم يكن معروفاً ما إذا كانت الكواكب شائعة أم نادرة. نحن نعرف الآن الإجابة: الكواكب شائعة، ومعظم النجوم لها كواكب متعددة، تماماً مثل كوكبنا. الطريقة الأساسية التي نعرف بها هذا هي من خلال اكتشاف انخفاض طفيف في ضوء النجوم عندما يمر كوكب بين نجم بعيد وتلسكوباتنا. يمكننا استخدام الفكرة الأساسية نفسها للإشارة إلى وجودنا. على سبيل المثال، تخيل لو وضعنا في مدار مجموعة من الأجسام التي تحجب القليل من ضوء الشمس بنمط لا يحدث بشكل طبيعي. ستستمر حواجز الشمس التي تدور حول الشمس في الدوران حول الشمس لملايين السنين، بعد فترة طويلة من رحيلنا، ويمكن اكتشافها من بعيد.

نحن بالفعل نمتلك الوسائل لبناء مثل هذا النظام الواقي من الشمس، وقد تكون هناك طرق أفضل للإشارة إلى وجودنا. هذا الكتاب ليس المكان المناسب لتقييم خياراتنا، ولكنني أعرض فقط الملاحظات التالية: أولاً، ربما تكون الحياة الذكية قد تطورت آلاف أو ملايين المرات في مجرتنا، لكن من غير المرجح أن نجد أنفسنا نتعايش مع أنواع ذكية أخرى. ثانياً، من غير المرجح أن ينجح البحث عن الذكاء خارج الأرض إذا بحثنا فقط عن الإشارات التي تتطلب مشاركة مستمرة من قبل المرسل. ثالثاً، إرسال رسائل ذكاء إلى خارج الأرض ليست آمنة فحسب، بل هي أهم شيء يمكننا القيام به لاكتشاف الحياة الذكية في مجرتنا. نحتاج أولاً إلى تحديد كيف يمكننا أن نجعل وجودنا معروفاً بطريقة تستمر لملايين السنين. عندها فقط سنعرف ما الذي نبحث عنه.

ويكي الأرض

إن السماح لحضارة بعيدة بمعرفة أننا كنا موجودين في يوم من الأيام هو هدف أول مهم. لكن بالنسبة إليّ، فإن لكن الشيء الأكثر أهمية للبشر هو المعرفة، نحن النوع الوحيد على الأرض الذي يمتلك معرفة بالكون وكيف يعمل. المعرفة نادرة ويجب أن نحاول الحفاظ عليها.

لنفترض أن البشر انقرضوا، لكن الحياة على الأرض استمرت. على سبيل المثال، يُعتقد أن كويكباً قتل الديناصورات والعديد من الأنواع الأخرى، لكن بعض الحيوانات الصغيرة تمكنت من النجاة. بعد ستين مليون سنة، أصبح بعض هؤلاء الناجين نحن. حدث هذا بالفعل ويمكن أن يحدث مرة أخرى. تخيل

الآن أننا نحن البشر قد انقرضنا، ربما بسبب كارثة طبيعية أو بسبب أمر ما قمنا به. ولكن الأنواع الأخرى ظلت على قيد الحياة، وخلال خمسين مليون سنة أصبح أحد الأنواع الناجية ذكياً. من المؤكد أن هذا النوع سيكون راغباً في معرة كل ما يستطيع معرفته عن حقبة الإنسان البعيدة، سيكون أفراد هذا النوع مهتمين بشكل خاص بمعرفة مدى معرفتنا، وماذا حدث لنا.

إذا انقرض البشر، فمن المحتمل أن تُفقد جميع السجلات التفصيلية لحياتنا خلال مليون سنة فقط أو نحو ذلك. ستكون هناك بقايا مدفونة لبعض مدننا وبنيتنا التحتية الكبيرة، لكن كل مستند وفيلم وتسجيل لن يعود موجوداً تقريباً، وسيكافح علماء الآثار غير البشريين في المستقبل لتجميع تاريخنا بالطريقة نفسها التي يكافح بها علماء الأحافير اليوم لمعرفة ما حدث للديناصورات.

كجزء من خطتنا العقارية، يمكننا الحفاظ على معرفتنا بشكل أكثر ديمومة، بحيث تبقى لعشرات الملايين من السنين. هناك عدة طرق تتيح لنا القيام بذلك. على سبيل المثال، يمكننا أرشفة قاعدة معرفية باستمرار مثل ويكيبيديا. يتم تحديث ويكيبيديا نفسها باستمرار، لذا فإنها ستوثق الأحداث حتى النقطة التي بدأ فيها مجتمعنا بالفشل، وهي تغطي مجموعة واسعة من الموضوعات، ويمكن أتمتة عملية الأرشفة. لا ينبغي أن يكون الأرشيف موجوداً على الأرض، حيث قد يتم تدمير الأرض جزئياً في حدث فردي، وعلى مدى ملايين السنين سيبقى القليل كما هو. للتغلب على هذه المشكلة، يمكننا تحديد موقع أرشيفنا في مجموعة من الأقمار الصناعية التي تدور حول الشمس. بهذه الطريقة، سيكون من السهل اكتشاف الأرشيف، ولكن من الصعب تغييره أو إتلافه مادياً.

سنصمم الأرشيف المستند إلى القمر الصناعي حتى نتمكن من إرسال تحديثات تلقائية إليه، ولكن لا يمكن محو محتواه. ستتوقف الأجهزة الإلكترونية الموجودة في القمر الصناعي عن العمل بعد فترة وجيزة من رحيلنا، لذلك، لقراءة الأرشيف، سيتعين على الأنواع الذكية في المستقبل تطوير التكنولوجيا للانتقال إلى الأرشيف، وإعادته إلى الأرض، واستخراج البيانات. يمكننا استخدام أقمار صناعية متعددة في مدارات مختلفة من أجل التكرار. لدينا بالفعل القدرة على إنشاء أرشيف قمر صناعي واسترجاعه. تخيل لو أن نوعاً ذكياً سابقاً على الأرض قد وضع مجموعة من الأقمار الصناعية حول النظام الشمسي، فقد كنا لنكتشفه الآن ونعيده بالفعل إلى الأرض.

في الأساس، يمكننا إنشاء كبسولة زمنية مصممة لتستمر لملايين أو مئات الملايين من السنين. في المستقبل البعيد، يمكن للكائنات الذكية - سواء نشأت على الأرض أو انتقلت من نجم آخر - اكتشاف الكبسولة الزمنية وقراءة محتوياتها. لن نعرف ما إذا كان سيتم اكتشاف مستودعنا أم لا؛ هذه هي طبيعة الخطط العقارية. إذا فعلنا ذلك، وتمت قراءته في المستقبل، تخيل مدى تقدير المتلقين. كل ما عليك فعله هو التفكير في مدى حماستنا لاكتشاف مثل هذه الكبسولة الزمنية بأنفسنا.

خطة العقارات للإنسانية تشبه خطة العقارات للأفراد. نود أن يعيش جنس البشر إلى الأبد، وربما يحدث ذلك. لكن من الحكمة وضع خطة في حال لم تحدث المعجزة. لقد اقترحت عدة أفكار يمكننا متابعتها. الفكرة الأولى هي أرشفة تاريخنا ومعرفتنا بطريقة يمكن للأنواع الذكية المستقبلية على الأرض أن تتعلمها عن البشرية وما حدث للبشرية في النهاية. الطريقة الأخرى هي إنشاء إشارة طويلة الأمد، تخبر الكائنات الذكية في مكان وزمان آخرين أن البشر الأذكياء عاشوا ذات مرة حول النجم الذي نسميه الشمس. يكمن جمال الإشارة طويلة الأمد في أنها قد تساعدنا على المدى القصير من خلال قيادتنا لاكتشاف أن الأنواع الذكية الأخرى سبقتنا.

هل يستحق الأمر الوقت والمال لمتابعة مبادرات مثل هذه؟ هل من الأفضل بذل كل جهودنا لتحسين الحياة على الأرض؟ هناك دائماً احتكاك بين الاستثمار على المدى القصير والاستثمار على المدى الطويل. تعتبر المشكلات قصيرة الأجل أكثر إلحاحاً، في حين أن الاستثمار في المستقبل له القليل من الفوائد الفورية. تواجه كل منظمة - سواء كانت حكومة أو شركة أو أسرة - هذه المعضلة. مع ذلك، فإن عدم الاستثمار على المدى الطويل يضمن الفشل في المستقبل. في هذه الحالة، أعتقد أن الاستثمار في خطة عقارية للبشرية له العديد من الفوائد على المدى القريب.

فهو سيبقينا أكثر وعياً بالتهديدات الوجودية التي نواجهها، وسوف يدفع المزيد من الناس إلى التفكير في العواقب طويلة المدى لأفعالنا كنوع، وسيوفر نوعاً من الهدف لحياتنا إذا فشلنا في النهاية.

الفصل السادس عشر
الجينات مقابل المعرفة

«الدماغ القديم ـ الدماغ الجديد» هو عنوان الفصل الأول في هذا الكتاب. إنه أيضاً موضوع أساسي. تذكر أن 30 بالمئة من دماغنا، الدماغ القديم، يتكون من عدة أجزاء مختلفة. تتحكم مناطق الدماغ القديمة هذه في وظائفنا الجسدية وسلوكياتنا الأساسية وعواطفنا. بعض هذه السلوكيات والعواطف تجعلنا عدوانيين وعنيفين ومعرضين للكذب والغش. كل واحد منا لديه هذه الميول بدرجة أو بأخرى، لأن التطور اكتشف أنها مفيدة في نشر الجينات. سبعون بالمئة من دماغنا، الدماغ الجديد، مصنوع من شيء واحد: القشرة المخية الحديثة. تتعلم القشرة المخية الحديثة نموذجاً للعالم، وهذا النموذج هو الذي يجعلنا أذكياء. تطور الذكاء لأنه أيضاً مفيد في نشر الجينات. نحن هنا خدّام لجيناتنا، لكن توازن القوى بين الدماغ القديم والدماغ الجديد بدأ في التحول.

لملايين السنين، كان لدى أسلافنا معرفة محدودة بكوكبنا والكون الأوسع. لقد فهموا فقط ما يمكنهم تجربته شخصياً. لم يعرفوا حجم الأرض أو أنها كانت كروية. لم يعرفوا ما هي الشمس والقمر والكواكب والنجوم ولماذا تحركت في السماء، لم يكن لديهم أي فكرة عن عمر الأرض، وكيف ظهرت أشكال الحياة المتنوعة. كان أسلافنا يجهلون الحقائق الأساسية لوجودنا. لقد اختلقوا قصصاً عن هذه الألغاز، لكن القصص لم تكن صحيحة.

في الآونة الأخيرة، باستخدام ذكائنا، لم نتمكن من حل الألغاز التي أزعجت أسلافنا فحسب، بل إن وتيرة الاكتشاف العلمي تتسارع. نحن نعلم مدى ضخامة الكون ومدى صغر حجمنا بشكل لا يصدق. نحن نفهم الآن أن كوكبنا يبلغ من العمر مليارات السنين وأن الحياة على الأرض تتطور أيضاً لمليارات السنين. لحسن الحظ، يبدو أن الكون بأكمله يعمل وفقاً لمجموعة واحدة من القوانين، اكتشفنا بعضها. يبدو أنه من الممكن أن نكون قادرين على اكتشاف كل منهم. يعمل الملايين من الأشخاص حول العالم بنشاط على الاكتشافات العلمية بشكل عام، ويشعر مليارات آخرين بأنهم مرتبطون بالمهمة. إنه وقت مثير للغاية للبقاء على قيد الحياة.

مع ذلك، لدينا مشكلة يمكن أن توقف بسرعة سباقنا إلى التنوير، وقد تنهي جنسنا البشري تماماً. في وقت سابق، أوضحت أنه بغض النظر عن مدى ذكائنا، تظل القشرة المخية الحديثة لدينا متصلة بالدماغ القديم. عندما تصبح تقنياتنا أكثر قوة، فإن السلوك الأناني وقصير النظر للعقل القديم يمكن أن يقودنا إلى الانقراض أو يغرقنا في الانهيار المجتمعي وعصر مظلم آخر، وما يضاعف من هذا الخطر أن مليارات البشر لا يزال لديهم معتقدات خاطئة حول الجوانب الأساسية للحياة والكون. المعتقدات الخاطئة الفيروسية هي مصدر آخر للسلوكيات التي تهدد بقائنا.

نحن نواجه معضلة. نحن - نموذجنا الذكي المقيم في القشرة المخية الحديثة - محاصرون. نحن محاصرون في جسد ليس فقط مبرمجاً للموت، ولكن إلى حد كبير تحت سيطرة غاشم جاهل، وأعني بذلك الدماغ القديم. يمكننا استخدام ذكائنا لتخيل مستقبل أفضل، ويمكننا اتخاذ إجراءات لتحقيق المستقبل الذي نرغب فيه، لكن الدماغ القديم يمكن أن يدمر كل شيء، فهو يولد سلوكيات ساعدت الجينات على التكاثر في الماضي، ومع ذلك فإن العديد من هذه السلوكيات ليست جميلة. نحن نحاول التحكم في دوافع دماغنا القديم المدمرة والمثيرة للانقسام، لكن حتى الآن لم نتمكن من القيام بذلك بالكامل. لا تزال العديد من البلدان على وجه الأرض يحكمها مستبدون وديكتاتوريون تحرك دوافعهم إلى حد كبير الأدمغة القديمة: الثروة، والجنس، وهيمنة الذكور ألفا. تستند الحركات الشعبوية التي تدعم الحكام المستبدين أيضاً إلى سمات الدماغ القديم مثل العنصرية وكراهية الأجانب.

ماذا يجب أن نفعل بهذا الخصوص؟ في الفصل السابق، ناقشت الطرق التي يمكننا من خلالها الحفاظ على معرفتنا في حالة عدم بقاء البشرية. في هذا الفصل الأخير، أناقش ثلاث طرق يمكننا اتباعها لمنع زوالنا. الطريقة الأولى قد تنجح وقد لا تنجح دون تعديل جيناتنا، والطريقة الثانية تعتمد على تعديل الجينات، وتتخلى الثالثة عن علم الأحياء تماماً.

قد تصدمك هذه الأفكار على أنها متطرفة. ومع ذلك، اسأل نفسك: ما هو الغرض من العيش؟ ما الذي نحاول الحفاظ عليه عندما نكافح من أجل البقاء؟ في الماضي، كانت الحياة تتعلق دائماً بالحفاظ على الجينات وتكرارها، سواء أدركنا ذلك أم لا. لكن هل هذا هو أفضل طريق للمضي قدما؟ ماذا لو قررنا بدلاً من ذلك أن الحياة يجب أن تركز على الذكاء والحفاظ على المعرفة. إذا قمنا بهذا الاختيار، فإن ما نعتبره متطرفاً اليوم قد يكون مجرد شيء منطقي يجب القيام به في المستقبل. الأفكار الثلاثة التي أقدمها هنا، في رأيي، ممكنة ولديها احتمالية كبيرة للمتابعة في المستقبل. قد تبدو غير مرجحة الآن، بالطريقة نفسها التي بدت بها الحواسيب المحمولة غير محتملة في عام 1992. سيتعين علينا ترك الوقت يمر لمعرفة أيها، إن وجد، سيكون قابلاً للتطبيق.

كن كوكباً متعدد الأنواع

عندما تموت شمسنا، تموت كل أشكال الحياة في نظامنا الشمسي أيضاً. لكن معظم أحداث الانقراض التي تقلقنا ستكون مترجمة إلى الأرض. إذا اصطدم كويكب كبير بالأرض، على سبيل المثال، أو جعلناه غير صالح للسكنى في حرب نووية، فلن تتأثر الكواكب الأخرى المجاورة. لذلك، فإن إحدى الطرق لتقليل خطر الانقراض هي أن تصبح نوعاً من نوعين لكوكبين. إذا تمكنا من إقامة وجود دائم على كوكب أو قمر آخر قريب، فإن جنسنا البشري ومعرفتنا المتراكمة قد تبقى على قيد الحياة حتى لو أصبحت الأرض غير صالحة للسكن. هذا المنطق هو أحد القوى الدافعة وراء الجهود الحالية لوضع الناس على سطح المريخ، والذي يبدو أنه الخيار الأفضل لتحديد موقع مستعمرة بشرية. أجد إمكانية السفر إلى كواكب أخرى مثيرة. لقد مضى وقت طويل منذ أن سافرنا إلى وجهات جديدة وغير مستكشفة.

تكمن الصعوبة الرئيسية في العيش على كوكب المريخ في أن المريخ مكان رهيب للعيش فيه. يعني عدم وجود غلاف جوي أن التعرض القصير للبيئة الخارجية سيقتلك، وقد يؤدي تسرب في سقفك أو نافذة مكسورة إلى قتل عائلتك بأكملها. يكون الإشعاع الصادر من الشمس أعلى على سطح المريخ كما أنه يمثل خطراً كبيراً على العيش هناك، لذلك عليك أن تحمي نفسك باستمرار من الشمس. تربة المريخ سامة ولا توجد مياه سطحية. من الأسهل العيش في القطب الجنوبي منه على المريخ. لكن هذا لا يعني أننا يجب أن نتخلى عن الفكرة. أعتقد أنه يمكننا العيش على كوكب المريخ، ولكن للقيام بذلك نحتاج إلى شيء لا نملكه بعد. نحن بحاجة إلى روبوتات ذكية ومستقلة.

لكي يعيش البشر على كوكب المريخ، سنحتاج إلى مبانٍ كبيرة محكمة الإغلاق للعيش وزراعة الغذاء فيها. وسنحتاج إلى استخراج المياه والمعادن من المناجم وتصنيع الهواء للتنفس. في النهاية، سنحتاج إلى إعادة تشكيل المريخ لإعادة الغلاف الجوي. هذه مشاريع بنية تحتية ضخمة قد تستغرق عقوداً أو قروناً حتى تكتمل. إلى أن يصبح كوكب المريخ مكتفياً ذاتياً، كان علينا إرسال كل ما نحتاجه: الطعام والهواء والماء والأدوية والأدوات ومعدات البناء والمواد والأشخاص والكثير من الناس. يجب القيام بكل العمل ونحن نرتدي بذلات فضائية مرهقة. من الصعب المبالغة في تقدير الصعوبة التي قد يواجهها البشر في محاولة بناء بيئات صالحة للعيش وجميع البنية التحتية اللازمة لإنشاء مستعمرة كوكب المريخ دائمة الاكتفاء الذاتي. إن الخسائر في الأرواح والأضرار النفسية والتكاليف المالية ستكون هائلة، وربما أكبر مما نحن على استعداد لتحمله.

لكن إعداد المريخ للبشر يمكن أن يتحقق إذا أرسلنا مهندسين وعمال بناء أذكياء (روبوتات) بدلاً من إرسال مهندسين وعمال بناء (بشر). سيحصلون على طاقتهم من الشمس ويمكنهم العمل في الخارج دون الحاجة إلى الطعام أو الماء أو الأكسجين. يمكنهم العمل بلا كلل دون أي ضغوط عاطفية طالما كان

ذلك مطلوباً لجعل المريخ آمناً لسكن الإنسان. ستحتاج فرق المهندسين الروبوتية إلى العمل بشكل مستقل في الغالب، لأنه إذا اعتمدت على التواصل المستمر مع الأرض، فسيكون التقدم بطيئاً للغاية.

لم أكن أبداً معجباً بأدب الخيال العلمي، ويبدو هذا السيناريو بشكل مثير للريبة مثل الخيال العلمي. مع ذلك، لا أرى سبباً يمنعنا من القيام بذلك، وإذا أردنا أن نصبح كائنات متعددة الكواكب، أعتقد أنه ليس لدينا خيار آخر. لكي يعيش البشر على كوكب المريخ بشكل دائم، فإن ذلك يتطلب آلات ذكية لمساعدتنا. الشرط الأساسي هو تزويد القوى العاملة الروبوتية في المريخ بما يعادل القشرة المخية الحديثة. تحتاج الروبوتات إلى استخدام أدوات معقدة، والتعامل مع المواد، وحل المشكلات غير المتوقعة، والتواصل مع بعضها البعض، على غرار ما يفعله الناس. أعتقد أن الطريقة الوحيدة التي يمكننا من خلالها تحقيق ذلك هي إنهاء الهندسة العكسية للقشرة المخية الحديثة وإنشاء هياكل مكافئة في السيليكون. تحتاج الروبوتات المستقلة إلى دماغ مبني على المبادئ التي حددتها سابقاً، مبادئ نظرية الألف دماغ للذكاء.

إن إنشاء روبوتات ذكية حقاً أمر قابل للتحقيق، وأنا متأكد من أنه سيحدث. أعتقد أنه يمكننا القيام بذلك في غضون عدة عقود إذا جعلنا ذلك أولوية. لحسن الحظ، هناك الكثير من الأسباب الأرضية لبناء روبوتات ذكية أيضاً. لذلك، حتى لو لم نجعلها أولوية وطنية أو دولية، فإن قوى السوق ستمول في النهاية تطوير الذكاء الآلي والروبوتات. آمل أن يفهم الناس حول العالم أن كوننا نوعاً متعدد الكواكب هو هدف مثير ومهم لبقائنا على قيد الحياة، وأن عمال البناء الآليين الأذكياء ضروريون لتحقيق ذلك.

حتى لو أنشأنا عمالاً روبوتيين أذكياء، وقمنا بإعادة تشكيل المريخ، وأنشأنا مستعمرات من البشر، فستظل لدينا مشكلة. سيكون البشر الذين يذهبون إلى المريخ مثل البشر على الأرض. سيكون لديهم دماغ قديم وكل المضاعفات والمخاطر المصاحبة له. سيقاتل البشر الذين يعيشون على المريخ من أجل الأرض، ويتخذون قرارات بناءً على معتقدات خاطئة، وربما يخلقون مخاطر وجودية جديدة لأولئك الذين يعيشون هناك.

إن الدروس المستقاة من التاريخ تشير إلى أن الأشخاص الذين يعيشون على كوكب المريخ والأشخاص الذين يعيشون على الأرض سينتهي بهم الأمر في نهاية المطاف إلى الخلاف بطرق قد تعرض أحد السكان أو كليهما للخطر. على سبيل المثال، تخيل أنه بعد مائتي عام من الآن، يعيش عشرة ملايين إنسان على سطح المريخ. ولكن بعد ذلك، حدث شيء سيئ على الأرض. ربما نقوم بتسميم معظم الكوكب عن طريق الخطأ بالعناصر المشعة، أو يبدأ مناخ الأرض في الانهيار بسرعة. ماذا سيحدث؟ قد يرغب المليارات من سكان الأرض فجأة في الانتقال إلى المريخ. إذا سمحت لمخيلتك بالجموح قليلاً، يمكنك أن ترى كيف يمكن أن يتحول هذا بسهولة إلى شيء سيئ للجميع. لا أريد التكهن بنتائج سلبية. لكن من المهم أن ندرك أن التحول إلى نوع متعدد الكواكب ليس دواءً لكل داء. البشر بشر، والمشاكل التي

نخلقها على الأرض ستوجد أيضاً على الكواكب الأخرى التي نعيش فيها.

ماذا عن أن نصبح نوعاً متعدد النجوم؟ إذا تمكن البشر من استعمار أنظمة النجوم الأخرى، فيمكننا التوسع في جميع أنحاء المجرة وستزداد فرصة بقاء بعض أحفادنا على قيد الحياة إلى أجل غير مسمى.

هل السفر بين النجوم ممكن؟ من ناحية، يبدو أنه ينبغي أن يكون كذلك. هناك أربع نجوم تبعد عنا أقل من خمس سنوات ضوئية وأحد عشر نجماً على بعد أقل من عشر سنوات ضوئية. أظهر أينشتاين أنه من المستحيل الإسراع إلى سرعة الضوء، لذلك لنفترض أننا نسافر بنصف هذه السرعة. يمكننا الوصول إلى نجم قريب في غضون عقد أو عقدين. من ناحية أخرى، لا نعرف كيف نقترب من هذه السرعة. باستخدام التقنيات المتوفرة لدينا اليوم، سوف يستغرق الأمر عشرات الآلاف من السنين للوصول إلى أقرب نجم مجاور لنا، ولكن البشر لا يستطيعون القيام برحلة طويلة.

هناك العديد من الفيزيائيين الذين يفكرون في طرق ذكية للتغلب على مشاكل الطيران بين النجوم. ربما سيكتشفون طرقاً للسفر بسرعة تقترب من سرعة الضوء، أو حتى أسرع منها. العديد من الأشياء التي بدت مستحيلة قبل مئتي عام فقط أصبحت شائعة الآن. تخيل أنك تحدثت في اجتماع للعلماء في عام 1820 وقلت إنه في المستقبل يمكن لأي شخص السفر براحة من قارة إلى أخرى في غضون ساعات، أو أن الناس سيجرون بشكل روتيني محادثات وجهاً لوجه مع أشخاص آخرين في أي مكان في العالم، من خلال النظر إلى أيديهم والتحدث إليها. لم يظن أحد أن هذه الأنشطة ستكون ممكنة على الإطلاق، لكن ها نحن ذا. من المؤكد أن المستقبل سوف يفاجئنا بالتطورات الجديدة التي لا يمكن تصورها اليوم، وقد يكون أحدها السفر العملي إلى الفضاء. لكنني أشعر بالراحة في توقع أن سفر البشر بين النجوم لن يحدث في أقل من خمسين عاماً، ولكنني لن أتفاجأ إذا لم يحدث ذلك على الإطلاق.

ما زلت أدافع عن أن نصبح نوعاً متعدد الكواكب. ستكون مغامرة استكشافية ملهمة، وقد تقلل من خطر انقراض البشر على المدى القريب. لكن المخاطر والقيود المتأصلة التي تنشأ من تراثنا التطوري لا تزال قائمة. حتى لو تمكنا من إنشاء مستعمرات على المريخ، فقد نضطر إلى قبول فكرة أننا لن نغامر أبداً خارج نظامنا الشمسي.

مع ذلك، لدينا خيارات أخرى. هذه تتطلب منا أن ننظر إلى أنفسنا بموضوعية ونسأل، ما الذي نحاول الحفاظ عليه في الإنسانية؟ سأتناول هذا السؤال أولاً، قبل مناقشة خيارين آخرين لتأمين مستقبلنا.

اختيار مستقبلنا

بدءاً من عصر التنوير في نهاية القرن الثامن عشر، تراكمت لدينا أدلة متزايدة على أن الكون يتقدم دون توجيه. ظهور الحياة البسيطة، ثم الكائنات المعقدة، ثم الذكاء لم يكن مخططاً ولا حتمياً. وبالمثل، فإن مستقبل الحياة على الأرض ومستقبل الذكاء غير محدد سلفاً. يبدو أن الشيء الوحيد في الكون الذي يهتم بكيفية تطور مستقبلنا هو نحن. المستقبل المنشود الوحيد هو الذي نرغب فيه.

قد تعترض على هذا البيان، وقد تقول إن هناك العديد من الأنواع الأخرى التي تعيش على الأرض، وبعضها ذكي أيضاً، ولكننا ألحقنا الضرر بالعديد من هذه الأنواع وتسببنا في انقراض أنواع أخرى. ألا يجب أن نفكر في «رغبة» الأنواع الأخرى؟ نعم، لكنها ليست بهذه البساطة.

الأرض ديناميكية. تتحرك الصفائح التكتونية التي تصنع سطحها باستمرار، وهذا يخلق جبالاً جديدة وقارات جديدة وبحاراً جديدة في الوقت الذي يغور فيه ما هو على سطحها إلى مركزها. بالمثل، يمكننا القول إن الحياة ديناميكية هي الأخرى، وهذا ما يترتب عليه أن الأنواع تتغير باستمرار. نحن لسنا الكائنات نفسها، من الناحية الجينية، مثل أسلافنا الذين عاشوا قبل مئة ألف سنة. قد يكون معدل التغيير بطيئاً، لكنه لا يتوقف أبداً. إذا نظرت إلى الأرض بهذه الطريقة، فليس من المنطقي محاولة الحفاظ على الأنواع أو الحفاظ على الأرض، لا يمكننا إيقاف تغير السمات الجيولوجية الأساسية للأرض، ولا يمكننا منع الأنواع من التطور والانقراض.

من أنشطتي المفضلة التنزه في البرية، وأنا أعتبر نفسي من دعاة حماية البيئة. لكني لا أدعي أن حماية البيئة تدور حول الحفاظ على الطبيعة. يسعد كل مناصري البيئة برؤية انقراض بعض الكائنات الحية - على سبيل المثال، فيروس شلل الأطفال - بينما يبذلون جهوداً كبيرة في الوقت نفسه لإنقاذ زهرة برية مهددة بالانقراض. من منظور الكون، هذا تمييز عشوائي. لا فيروس شلل الأطفال ولا زهرة برية أفضل أو أسوأ من الآخر. نحن نختار ما يجب حمايته بناءً على ما هو في مصلحتنا الفضلى.

حماية البيئة لا تتعلق بالحفاظ على الطبيعة، بل تتعلق بالخيارات التي نتخذها. كقاعدة عامة، يتخذ دعاة حماية البيئة اختيارات تفيد بشر المستقبل، نحن نحاول إبطاء التغييرات التي تطرأ على الأشياء التي نحبها، مثل المناطق البرية، لزيادة فرص تمتع أحفادنا بهذه الأشياء أيضاً. هناك أشخاص آخرون قد يختارون تحويل المناطق البرية إلى مناجم شريطية حتى يتمكنوا من الاستفادة منها اليوم، وهو خيار دماغ قديم. لا يهتم الكون بالخيار الذي نختاره. إن اختيارنا هو ما إذا كنا نساعد البشر في المستقبل أو البشر الحاليين.

لا يوجد خيار لفعل أي شيء. بصفتنا كائنات ذكية، يجب أن نختار، وخياراتنا ستوجه المستقبل بطريقة أو بأخرى. أما بالنسبة إلى الحيوانات الأخرى على الأرض، فيمكننا أن نختار مساعدتها أم لا. ولكن ما دمنا هنا، فلا يوجد خيار لترك الأمور تسير في طريقها «الطبيعي». نحن جزء من الطبيعة،

وعلينا اتخاذ خيارات من شأنها أن تؤثر على المستقبل.

من وجهة نظري، لدينا خيار عميق يتعين علينا القيام به. إنه اختيار بين تفضيل الدماغ القديم أو الدماغ الجديد. وبشكل أكثر تحديداً، هل نريد أن يكون مستقبلنا مدفوعاً بالعمليات التي أوصلتنا إلى هنا، أي الانتقاء الطبيعي، والمنافسة، ودافع الجينات الأنانية؟ أم نريد أن يكون مستقبلنا مدفوعاً بالذكاء والرغبة في فهم العالم؟ لدينا الفرصة للاختيار بين المستقبل حيث يكون الدافع الأساسي هو خلق المعرفة ونشرها والمستقبل حيث يكون الدافع الأساسي هو نسخ الجينات ونشرها.

لممارسة خيارنا، نحتاج إلى القدرة على تغيير مسار التطور من خلال التلاعب بالجينات والقدرة على خلق ذكاء في شكل غير بيولوجي. لدينا بالفعل الأول، والأخير نوشك الحصول عليه. أدى استخدام هذه التقنيات إلى مناقشات أخلاقية. هل يجب أن نتلاعب بجينات الأنواع الأخرى لتحسين إمداداتنا الغذائية؟ هل يجب أن نتلاعب بجيناتنا من أجل «تحسين» ذريتنا؟ هل يجب أن نصنع آلات ذكية أكثر ذكاءً وقدرة منا؟

ربما تكون قد شكلت بالفعل آراء حول هذه الأسئلة. قد لا ترى ضيراً في ذلك، أو قد تعتقد أنها غير أخلاقية. بغض النظر، لا أرى أي ضرر في مناقشة خياراتنا. إن النظر بعناية في خياراتنا سيساعدنا في اتخاذ قرارات مستنيرة، بغض النظر عما نختار القيام به.

إن التحول إلى نوع متعدد الكواكب هو محاولة لمنع انقراضنا، لكنه لا يزال مستقبلاً تمليه الجينات. ما نوع الخيارات التي يمكن أن نتخذها لتفضيل انتشار المعرفة على انتشار الجينات؟

تعديل جيناتنا

لقد طورنا مؤخراً تقنية لتحرير جزيئات الحمض النووي بدقة. قريباً، سنتمكن من إنشاء جينومات جديدة وتعديل الجينومات الموجودة بدقة وسهولة إنشاء المستندات النصية وتحريرها. قد تكون فوائد التعديل الجيني هائلة. على سبيل المثال، يمكننا القضاء على الأمراض الوراثية التي تسبب المعاناة لملايين الناس. ومع ذلك، يمكن أيضاً استخدام التكنولوجيا نفسها لتصميم أشكال حياة جديدة تماماً أو لتعديل الحمض النووي لأطفالنا - على سبيل المثال، لجعلهم رياضيين أفضل أو أكثر جاذبية. سواء كنا نعتقد أن هذا النوع من التلاعب مقبول أو بغيض يعتمد على الظروف. يبدو أن تعديل حمضنا النووي لجعلنا نبدو أكثر جاذبية أمراً غير ضروري، ولكن إذا كان تحرير الجينات يمنع جنسنا بأكمله من الانقراض، فإنه يصبح أمراً ضرورياً.

على سبيل المثال، لنفترض أننا قررنا أن إنشاء مستعمرة على سطح المريخ هو خطة تأمين جيدة لبقاء جنسنا البشري على المدى الطويل، ويقرر كثير من الناس الذهاب. لكننا اكتشفنا بعد ذلك أن البشر لا يستطيعون العيش على المريخ لفترات طويلة بسبب الجاذبية المنخفضة. نحن نعلم بالفعل أن قضاء شهور في انعدام الجاذبية على محطة الفضاء الدولية يؤدي إلى مشاكل طبية. ربما بعد عشر سنوات من العيش في الجاذبية المنخفضة للمريخ، تبدأ أجسادنا بالفشل والموت. عندئذٍ، يبدو أن وجود تعداد دائم على سطح المريخ أمر مستحيل. مع ذلك، لنفترض أنه يمكننا حل هذه المشكلة عن طريق تعديل الجينوم البشري، ويمكن للأشخاص الذين لديهم تعديلات الحمض النووي هذه أن يعيشوا إلى أجل غير مسمى على المريخ. هل يجب أن نسمح للناس بتعديل جيناتهم وجينات أطفالهم حتى يتمكنوا من العيش على المريخ؟ أي شخص يرغب في الذهاب إلى المريخ يقبل بالفعل مخاطر تهدد حياته. وستتغير جينات الأشخاص الذين يعيشون على المريخ ببطء على أي حال. فلماذا لا يكون الناس قادرين على اتخاذ هذا القرار؟ إذا كنت تعتقد أن هذا النوع من التعديل الجيني يجب أن يكون ممنوعاً، فهل ستغير رأيك إذا أصبحت الأرض غير صالحة للسكن والطريقة الوحيدة التي يمكنك من خلالها البقاء على قيد الحياة هي الانتقال إلى المريخ؟

تخيل الآن أننا نتعلم كيفية تعديل جيناتنا للقضاء على السلوك العدواني وجعل الشخص أكثر إيثاراً. هل يجب أن نسمح بذلك؟ ضع في اعتبارك أنه عندما نختار من سيصبح رائد فضاء، فإننا نختار الأشخاص الذين لديهم هذه السمات بشكل طبيعي. هناك سبب وجيه للقيام بذلك؛ يزيد من احتمالية نجاح مهمة فضائية. إذا أرسلنا أشخاصاً في المستقبل للعيش على كوكب المريخ، فسنقوم على الأرجح بنفس النوع من الفحص. ألن نعطي الأفضلية للأشخاص المستقرين عاطفياً على الأشخاص الذين لديهم تاريخ من العدوانية؟ عندما يؤدي عمل واحد مهمل أو عنيف إلى قتل مجتمع بأكمله، ألن يطالب الأشخاص الذين يعيشون بالفعل على كوكب المريخ بأن يجتاز الوافدون الجدد نوعاً من اختبار الاستقرار العاطفي؟ إذا تمكنا من جعل المواطن أفضل من خلال تعديل الحمض النووي، فقد يصر سكان المريخ الحاليون على ذلك.

فكر في سيناريو افتراضي آخر. يمكن لبعض الأسماك البقاء على قيد الحياة متجمدة في الجليد. ماذا لو تمكنا من تعديل حمضنا النووي بحيث يمكن تجميد الإنسان بالمثل ثم إذابته في وقت ما في المستقبل؟ أستطيع أن أتخيل أن الكثير من الناس يريدون تجميد أجسادهم ليتم إيقاظهم مرة أخرى بعد مئة عام. سيكون من المثير أن تعيش العشر أو العشرين سنة الأخيرة من حياتك في المستقبل. هل نسمح بذلك؟ ماذا لو سمح هذا التعديل للبشر بالسفر إلى نجوم أخرى؟ حتى لو استغرقت الرحلة آلاف السنين، يمكن تجميد مسافرينا في الفضاء عند المغادرة وإذابة الجليد عند وصولهم إلى وجهتهم. لن يكون هناك نقص في المتطوعين لمثل هذه الرحلة. هل هناك أسباب تجعلنا نمنع تعديلات الحمض النووي التي تجعل هذه الرحلة ممكنة؟

يمكنني التوصل إلى العديد من السيناريوهات التي قد نقرر فيها أنه من مصلحتنا الشخصية تعديل حمضنا النووي بشكل كبير. لا يوجد صواب أو خطأ مطلق. هناك فقط الخيارات التي علينا القيام بها. إذا قال الناس إننا يجب ألا نسمح أبداً بتعديل الحمض النووي من حيث المبدأ، فسواء أدركوا ذلك أم لا، فقد اختاروا المستقبل الذي يصب في مصلحة جيناتنا الحالية أو كما هو الحال غالباً، المعتقدات الخاطئة الفيروسية. من خلال اتخاذ مثل هذا الموقف، فإنهم يلغون الخيارات التي قد تكون في مصلحة بقاء البشرية على المدى الطويل وبقاء المعرفة على المدى الطويل.

أنا لا أدعو إلى تعديل الجينوم البشري دون إشراف أو مداولات، ولا يوجد شيء وصفته يتعلق بالإكراه، فلا ينبغي أبداً إجبار أي شخص على فعل أي من هذه الأشياء. أنا فقط أشير إلى أن التعديل الجيني ممكن، وبالتالي لدينا خيارات. أنا شخصياً لا أفهم سبب تفضيل مسار التطور غير الموجه على مسار من اختيارنا. يمكننا أن نكون شاكرين لأن العمليات التطورية أوصلتنا إلى هنا. لكن الآن بعد أن وصلنا إلى هنا، لدينا خيار استخدام ذكائنا للسيطرة على المستقبل. قد يكون بقاءنا كنوع وبقاء معرفتنا أكثر أماناً إذا فعلنا ذلك.

المستقبل المصمم من خلال تعديل الحمض النووي الخاص بنا لا يزال مستقبلاً بيولوجياً، وهذا يفرض قيوداً على ما هو ممكن. على سبيل المثال، من غير الواضح إلى أي مدى يمكن إنجازه عن طريق تحرير الحمض النووي. هل سيكون من الممكن تعديل الجينوم للسماح لبشر المستقبل بالسفر بين النجوم؟ هل سيكون من الممكن جعل البشر في المستقبل لا يقتلون بعضهم في موقع كوكبي بعيد؟ لا أحد يعلم. اليوم، ليس لدينا ما يكفي من المعرفة حول الحمض النووي للتوقع بما هو ممكن وما هو غير ممكن. لن أتفاجأ إذا وجدنا أن بعض الأشياء التي قد نرغب في القيام بها مستحيلة من حيث المبدأ.

أنتقل الآن إلى خيارنا الأخير. ربما تكون الطريقة الأضمن لضمان الحفاظ على المعرفة واستمرار الذكاء، ولكنها قد تكون أيضاً الأكثر صعوبة.

مغادرة مدار داروين

الطريقة المثلى لتحرير ذكائنا من قبضة دماغنا القديم وبيولوجيتنا هي إنشاء آلات ذكية مثلنا، ولكنها لا تعتمد علينا. سيكونون وكلاء أذكياء يمكنهم السفر خارج نظامنا الشمسي والبقاء على قيد الحياة لفترة أطول مما سنكون. ستشارك هذه الآلات معرفتنا، وليس جيناتنا. إذا كان على البشر أن يتراجعوا ثقافياً ـ كما في عصر مظلم جديد ـ أو إذا انقرضنا، فإن ذرية الآلة الذكية ستستمر من دوننا.

أتردد في استخدام كلمة «آلة»، لأنها قد تستدعي صورة لشيء مثل حاسوب جالس على مكتب، أو

إنسان آلي، أو شخصية شريرة من قصة الخيال العلمي. كما وصفت سابقاً، لا يمكننا التوقع بالشكل الذي ستبدو عليه الآلات الذكية في المستقبل، بالطريقة نفسها التي لم يستطع مصممو الحواسيب الأوائل تخيل شكل أجهزة الكمبيوتر المستقبلية. لم يتخيل أحد في أربعينيات القرن الماضي أن الحواسيب يمكن أن تكون أصغر من حبة الأرز، وأن تكون صغيرة بما يكفي ليتم دمجها في كل شيء تقريباً. ولم يتمكنوا من تخيل أجهزة كمبيوتر سحابية قوية يمكن الوصول إليها في كل مكان ولكنها لا توجد في أي مكان بالضبط.

بالمثل، لا يمكننا تخيل الشكل الذي ستبدو عليه الآلات الذكية في المستقبل، أو ما الذي ستُصنع منه، لذلك دعونا لا نحاول، لأن تفكيرنا سيكون محدوداً فيما هو ممكن. بدلاً من ذلك، دعونا نناقش السببين وراء رغبتنا في إنشاء آلات ذكية يمكنها السفر إلى النجوم من دوننا.

الهدف الأول: الحفاظ على المعرفة

في الفصل السابق، وصفت كيف يمكننا الحفاظ على المعرفة في مستودع يدور حول الشمس. لقد سميت هذا ويكي الأرض. كان المستودع الذي وصفته ثابتاً، هذا المستودع يشبه مكتبة من الكتب المطبوعة تطفو في الفضاء. سيكون هدفنا من إنشائه هو الحفاظ على المعرفة، على أمل أن يكتشف وكيل ذكي في المستقبل المستودع ويكتشف كيفية قراءة محتوياته. ومع ذلك، فبدون اهتمام البشر بصيانته، سوف يتحلل المستودع ببطء. لا تقوم ويكي الأرض بعمل نسخ من نفسها، ولا تصلح نفسها، وبالتالي فهي مؤقتة. نحن نصممها لتستمر لفترة طويلة، ولكن في مرحلة ما في المستقبل البعيد لن تكون قابلة للقراءة.

القشرة المخية الحديثة للإنسان هي أيضاً مثل المكتبة. تحتوي على معرفة حول العالم. ولكن على عكس ويكي الأرض، تقوم القشرة المخية الحديثة بعمل نسخ مما تعرفه من خلال نقل معرفتها إلى سائر البشر. على سبيل المثال، هذا الكتاب هو محاولة مني لنقل بعض المعرفة التي أعرفها إلى أشخاص آخرين، مثلك. هذا يضمن أن المعرفة يتم توزيعها. لن يؤدي فقدان أي شخص إلى ضياع دائم للمعرفة. أضمن طريقة للحفاظ على المعرفة هي أن تنسخ باستمرار.

لذلك، فإن أحد أهداف إنشاء آلات ذكية هو تكرار ما يفعله البشر بالفعل: الحفاظ على المعرفة من خلال صنع النسخ وتوزيعها. نود استخدام الآلات الذكية لهذا الغرض لأنها يمكن أن تستمر في الحفاظ على المعرفة بعد فترة طويلة من رحيلنا، ويمكنها نقل المعرفة إلى أماكن لا يمكننا الذهاب إليها، مثل النجوم الأخرى. على عكس البشر، يمكن للآلات الذكية أن تنتشر ببطء عبر المجرة. نأمل أن يكونوا قادرين على مشاركة المعرفة مع كائنات ذكية في أماكن أخرى من الكون. تخيل كم سيكون الأمر مثيراً إذا اكتشفنا مستودعاً للمعرفة وتاريخ المجرة الذي سافر إلى نظامنا الشمسي.

في الفصل السابق حول التخطيط العقاري، قمت بوصف فكرة ويكي الأرض وفكرة إنشاء إشارة طويلة الأمد للإشارة إلى أننا، كنوع ذكي، كنا موجودون في هذا النظام الشمسي. يمكن أن يوجه هذان النظامان معاً كائنات ذكية أخرى إلى نظامنا الشمسي ثم إلى اكتشاف مستودع المعرفة لدينا. ما أقترحه في هذا الفصل هو طريقة مختلفة لتحقيق نتيجة مماثلة. بدلاً من توجيه الذكاء الفضائي إلى مستودع المعرفة في نظامنا الشمسي، نرسل نسخاً من معرفتنا وتاريخنا في جميع أنحاء المجرة. في الحالتين، يجب أن يقوم الكائن الذكي برحلة طويلة عبر الفضاء.

كل شيء أو كائن سيخسر بالتدريج طاقته، عندما تنتقل الآلات الذكية عبر الفضاء، سيتلف بعضها أو يُفقد أو يُدمر عن غير قصد. لذلك، يجب أن تكون ذرية الآلة الذكية لدينا قادرة على إصلاح نفسها، وعند الحاجة، عمل نسخ من نفسها. أدرك أن هذا سيخيف الأشخاص الذين يقلقون بشأن سيطرة الآلات الذكية على العالم. كما أوضحت سابقاً، لا أعتقد أنه يجب علينا القلق بشأن هذا، لأن معظم الآلات الذكية لن تكون قادرة على عمل نسخ من نفسها. لكن في هذا السيناريو، هو مطلب. مع ذلك، من الصعب جداً على الأجهزة الذكية التكرار، وهذا هو السبب الرئيسي وراء عدم إمكانية هذا السيناريو. تخيل أن حفنة من الآلات الذكية تسافر عبر الفضاء. بعد آلاف السنين، عندما تصل إلى نظام شمسي جدي، تجد في الغالب كواكب قاحلة وكوكباً واحداً به حياة بدائية وحيدة الخلية. هذا ما كان يمكن أن يكتشفه زائر لنظامنا الشمسي قبل بضعة مليارات من السنين. لنفترض الآن أن الآلات الذكية قررت أنها بحاجة إلى استبدال عضوين من أعضائها وإنشاء عدد قليل من الآلات الذكية الجديدة لإرسالها إلى نجم آخر. كيف يمكنها فعل هذا؟ على سبيل المثال، إذا تم بناء الآلات باستخدام رقائق السيليكون مثل تلك التي نستخدمها في الحواسيب، فهل سيحتاجون إلى بناء مصانع تصنيع شرائح السيليكون وجميع سلاسل التوريد اللازمة؟ قد يكون هذا غير ممكن، وربما سنتعلم كيفية إنشاء آلات ذكية قادرة على التكاثر باستخدام العناصر المشتركة، على غرار الحياة القائمة على الكربون على الأرض.

لا أعرف كيف أتغلب على العديد من المشاكل العملية التي يطرحها السفر بين النجوم. لكن، مرة أخرى، لا أعتقد أنه يجب علينا أن نركز على المظاهر المادية للآلات الذكية في المستقبل. قد تكون هناك طرق لبناء آلات ذكية باستخدام المواد وطرق البناء التي لم نبتكرها بعد. في الوقت الحالي، من المهم مناقشة الأهداف والمفاهيم لمساعدتنا في تحديد ما إذا كان هذا أمراً نختار القيام به إذا استطعنا. إذا قررنا أن إرسال آلات ذكية لاستكشاف المجرة ونشر المعرفة هو عمل نريد متابعته، فمن الممكن أن نبتكر طرقاً للتغلب على العقبات.

الهدف الثاني: اكتساب معرفة جديدة

إذا تمكنا من إنشاء آلات ذكية مكتفية ذاتياً تنتقل بين النجوم، فإنها ستكتشف أشياء جديدة. ما من شك أنها ستكتشف أنواعاً جديدة من الكواكب والنجوم، وستكتشف أموراً لا يمكننا تخيلها. ربما ستكتشف إجابات عن الأسئلة العميقة التي تطرح بشأن الكون، مثل أصله أو مصيره. هذه هي طبيعة الاستكشاف: لا تعرف ما الذي ستتعلمه، لكنك ستتعلم شيئاً ما. إذا أرسلنا بشراً لاستكشاف المجرة، فإننا نتوقع منهم أن يقوموا باكتشافات. من نواحٍ عديدة، ستكون الآلات الذكية أكثر قدرة على الاكتشاف من البشر. بدلاً من الدماغ البشري سيكون لدى الآلات الذكية ذواكر أكبر، وتعمل بشكل أسرع، ولديها أجهزة استشعار جديدة. وهذا يعني أنها ستكون علماء أفضل منا. إذا اجتازت الآلات الذكية مجرتنا، فستزيد باستمرار ما هو معروف عن الكون.

مستقبل مع الهدف والتوجيه

لطالما حلم البشر بالسفر بين النجوم. ولكن لماذا؟

أحد الأسباب هو توسيع جيناتنا والحفاظ عليها. يعتمد هذا على فكرة أن مصير النوع هو استكشاف أراض جديدة باستمرار، وإنشاء مستعمرات أينما كان ذلك ممكناً. لقد فعلنا ذلك مراراً وتكراراً في الماضي، حيث سافرنا عبر الجبال والمحيطات لإنشاء مجتمعات جديدة. هذا يخدم مصالح جيناتنا، وبالتالي نحن مبرمجون للاستكشاف. الفضول هو أحد وظائف دماغنا القديم. من الصعب مقاومة الاستكشاف، حتى عندما يكون عدم القيام بذلك أكثر أماناً. إذا كان بإمكان البشر السفر إلى النجوم، فسيكون ذلك مجرد امتداد لما فعلناه دائماً، ونشر جيناتنا إلى أكبر عدد ممكن من الأماكن.

السبب الثاني، الذي اقترحته في هذا الفصل، هو توسيع معرفتنا والحفاظ عليها. يعتمد هذا الخط من التفكير على افتراض أن الذكاء، وليس جيناتنا المعينة، هو سبب أهمية جنسنا البشري. لذلك، يجب أن نسافر إلى النجوم لمعرفة المزيد وحماية معرفتنا للمستقبل.

لكن هل هذا خيار أفضل؟ ما هو الخطأ في الاستمرار كما كنا دائماً؟ يمكن أن ننسى كل هذه الأحاديث حول الحفاظ على المعرفة أو إنشاء آلات ذكية. كانت الحياة على الأرض جيدة جداً حتى الآن. إذا كان البشر لا يستطيعون السفر إلى النجوم الأخرى، فما الضير في ذلك؟ لماذا لا نستمر كما فعلنا ونستمتع بالرحلة بينما تستمر؟

هذا خيار معقول، في النهاية، قد يكون خيارنا الوحيد. لكني أريد أن أطرح قضية المعرفة على الجينات. هناك فرق جوهري بين الاثنين، وهو اختلاف يجعل الحفاظ على المعرفة ونشرها، برأيي، هدفاً أكثر قيمة من الحفاظ على جيناتنا ونشرها.

الجينات هي مجرد جزيئات تتكاثر. مع تطور الجينات، فإنها لا تتجه في أي اتجاه معين، ولا تكون إحداها أفضل من الأخرى جوهرياً، تماماً كما أن جزء واحداً ليس أفضل جوهرياً من أي جزء آخر. قد تكون بعض الجينات أفضل في التكاثر، ولكن مع تغير البيئات، تتغير أيضاً الجينات الأفضل في التكاثر. الأهم من ذلك، لا يوجد اتجاه عام للتغييرات. إن الحياة القائمة على الجينات ليس لها اتجاه أو هدف. قد تتجلى الحياة في شكل فيروس أو بكتيريا وحيدة الخلية أو شجرة. ولكن لا يبدو أن هناك أي سبب يشير إلى أن شكلاً من أشكال الحياة أفضل من الآخر، بما يتجاوز قدرته على التكرار.

المعرفة مختلفة. المعرفة لها اتجاه وهدف نهائي. على سبيل المثال، ضع في اعتبارك الجاذبية. في الماضي غير البعيد، لم يكن لدى أحد أي فكرة عن سبب سقوط الأشياء وعدم حدوثها. ابتكر نيوتن أول نظرية ناجحة للجاذبية. اقترح أنها قوة عالمية، وأظهر أنها تتصرف وفقاً لمجموعة من القوانين البسيطة التي يمكن التعبير عنها رياضياً. بعد نيوتن، لن نعود أبداً إلى عدم وجود نظرية الجاذبية. تفسير أينشتاين للجاذبية أفضل من تفسير نيوتن، ولن نعود أبداً إلى نظرية نيوتن. لم يكن الأمر أن نيوتن كان مخطئاً. لا تزال معادلاته تصف الجاذبية بدقة كما نختبرها كل يوم، ولكن نظرية أينشتاين تدمج نظرية نيوتن، ولكنها تصف الجاذبية بشكل أفضل في ظل ظروف غير عادية. هناك اتجاه للمعرفة. يمكن أن تنتقل معرفة الجاذبية من عدم وجود معرفة، إلى معرفة نيوتن، إلى معرفة أينشتاين، لكنها لا يمكن أن تسير في الاتجاه المعاكس.

بالإضافة إلى الاتجاه، فإن المعرفة لها هدف نهائي. لم يعرف أوائل المستكشفين البشريين حجم الأرض. بغض النظر عن المسافة التي قطعوها، كان هناك دائماً المزيد. هل كانت الأرض لانهائية؟ هل انتهى الأمر بميزة حيث يتسبب السفر الإضافي في سقوطك؟ لم يكن أحد يعرف. لكن كان هناك هدف نهائي. كان من المفترض أن يكون هناك إجابة عن السؤال، ما هو حجم الأرض؟ لقد حققنا هذا الهدف في النهاية بإجابة مفاجئة. الأرض كروية، والآن نحن نعرف حجم الأرض.

نحن نواجه ألغازاً مماثلة اليوم. ما هو حجم الكون؟ هل يستمر إلى الأبد؟ هل له ميزة؟ هل يلتف حول نفسه مثل الأرض؟ هل هناك أكوان كثيرة؟ هناك الكثير من الأشياء الأخرى التي لا نفهمها: ما هو الوقت؟ كيف نشأت الحياة؟ ما مدى شيوع الحياة الذكية؟ الإجابة عن هذه الأسئلة هدف، ويوحي التاريخ بأنه يمكننا تحقيق ذلك.

المستقبل الذي تقوده الجينات ليس له اتجاه أو لا يوجد سوى أهداف قصيرة المدى: البقاء بصحة جيدة، وإنجاب الأطفال، والاستمتاع بالحياة. لكن المستقبل المصمم لمصلحة المعرفة له اتجاه وأهداف نهائية.

الخبر السار هو أننا لسنا مضطرين لاختيار مستقبل على الآخر. من الممكن أن نختارهما معاً. يمكننا أن نواصل العيش على الأرض، ونبذل قصارى جهدنا لإبقائها صالحة للعيش ومحاولة حماية أنفسنا من أسوأ سلوكياتنا. ويمكننا في الوقت نفسه تكريس الموارد لضمان الحفاظ على المعرفة واستمرار الذكاء لفترة في المستقبل عندما لا نعود هنا.

كتبت القسم الثالث من هذا الكتاب، الفصول الخمسة الأخيرة، لإثبات أهمية المعرفة على الجينات. طلبت منك أن تنظر إلى البشر بموضوعية. طلبت منك أن ترى كيف نتخذ قرارات سيئة ولماذا تكون أدمغتنا عرضة للمعتقدات الخاطئة. لقد طلبت منكم اعتبار المعرفة والذكاء أغلى من الجينات والبيولوجيا، وبالتالي، يستحقان الحفاظ عليهما بعيداً عن موطنهما الحالي في دماغنا البيولوجي. لقد طلبت منك التفكير في إمكانية وجود ذرية على أساس الذكاء والمعرفة، وأن هؤلاء المتحدرين قد يكونون مستحقين بنفس القدر لمن يعتمدون على الجينات.

أريد أن أؤكد مرة أخرى أنني لا أصف ما يجب أن نفعله. هدفي هو تشجيع المناقشة، للإشارة إلى أن بعض الأشياء التي نفكر فيها على أنها حقائق أخلاقية هي في الواقع اختيارات، وإبراز بعض الأفكار التي لا تحظى بالخدمات الكافية في المقدمة.

الآن أريد أن أعود إلى الحاضر.

أفكار أخيرة

لديّ رؤية لا تتوقف عن الترفيه عني. أتخيل الكون الواسع الذي يتكون من مليارات المجرات، حيث تحتوي كل مجرة على مئات المليارات من النجوم، وأتخيل حول كل نجم كواكب ذات تنوع غير محدود. أتخيل هذه التريليونات من الأجسام ذات الحجم الهائل تدور ببطء حول بعضها البعض في الفراغ الشاسع لمليارات السنين. ما يدهشني هو أن الشيء الوحيد في الكون الذي يعرف عن هذا - الشيء الوحيد الذي يعرف أن الكون موجود على الإطلاق - هو دماغنا. إذا لم يكن الأمر يتعلق بالأدمغة، فلن يعرف أي شيء بوجود أي شيء. هذا يعيدنا إلى السؤال الذي طرحته في بداية الكتاب: إذا لم يكن هناك علم بشيء، فهل يمكن أن نقول إن الشيء موجود أصلاً؟ من الرائع أن تؤدي أدمغتنا مثل هذا الدور الفريد. بالطبع، قد توجد كائنات ذكية في أماكن أخرى من الكون، لكن هذا يجعل التفكير فيها أكثر إمتاعاً.

التفكير في الكون وتفرد الذكاء هو أحد الأسباب التي دفعتني لدراسة الدماغ. ولكن هناك الكثير من الأسباب الأخرى هنا على الأرض. على سبيل المثال، فهم كيفية عمل الدماغ له آثار على الطب والصحة العقلية. سيؤدي حل ألغاز الدماغ إلى ذكاء آلي حقيقي، والذي سيفيد جميع جوانب المجتمع بالطريقة نفسها التي استفادت بها الحواسيب، وسيؤدي إلى أساليب أفضل لتعليم أطفالنا. لكن في النهاية، يعود الأمر إلى ذكائنا الفريد. نحن أكثر الأنواع ذكاءً. إذا أردنا أن نفهم من نحن، فعلينا أن نفهم كيف يخلق الدماغ الذكاء. شخصياً أرى، أن الهندسة العكسية للدماغ وفهم الذكاء هما أهم مسعى علمي يقوم به البشر على الإطلاق.

عندما بدأت في هذا البحث، كان لديّ فهم محدود لما فعلته القشرة المخية الحديثة. كان لديّ ولدى علماء أعصاب آخرون بعض الأفكار حول تعلم الدماغ نموذجاً للعالم، لكن مفاهيمنا كانت غامضة. لم نكن نعرف كيف سيبدو مثل هذا النموذج أو كيف يمكن للخلايا العصبية أن تخلقه. كنا غارقين في البيانات التجريبية وكان من الصعب فهم البيانات بدون إطار نظري.

منذ ذلك الوقت، حقق علماء الأعصاب حول العالم تقدماً كبيراً. يركز هذا الكتاب على ما تعلمه فريقي. كان الكثير مما تعلموه مفاجئاً، مثل الكشف عن أن القشرة المخية الحديثة لا تحتوي على نموذج

واحد للعالم ولكن حوالى مئة وخمسين ألف نظام نمذجة حركية حسية. أو اكتشاف أن كل ما تفعله القشرة المخية الحديثة يعتمد على أطر مرجعية.

في القسم الأول من هذا الكتاب، وصفت النظرية الجديدة لكيفية عمل القشرة المخية الحديثة وكيف تتعلم نموذجاً عن العالم. نسمي هذا نظرية الألف دماغ للذكاء. آمل أن يكون عرضي واضحاً وأنك وجدت حججي مقنعة. في وقت ما ناقشت ما إذا كان ينبغي أن أنهي عند هذا الحد. من المؤكد أن إطار فهم القشرة المخية الحديثة طموح ولا يكفي لشرحه كتاب واحد. مع ذلك، فإن فهم الدماغ يؤدي بشكل طبيعي إلى قضايا أخرى متعلقة بالنتائج، لذلك واصلت المضي قدماً.

في القسم الثاني، قلت إن الذكاء الاصطناعي اليوم ليس ذكياً. يتطلب الذكاء الحقيقي من الآلات أن تتعلم نموذجاً للعالم بالطريقة نفسها التي تتعلم بها القشرة المخية الحديثة. وقد أوضحت سبب عدم كون الذكاء الآلي خطراً وجودياً، كما يعتقد الكثيرون. سيكون ذكاء الآلة أحد أكثر التقنيات المفيدة التي سننشئها على الإطلاق. مثل أي تقنية أخرى، سيكون هناك أشخاص يسيئون استخدامها. أنا قلق بشأن ذلك أكثر من الذكاء الاصطناعي نفسه. لا يمثل الذكاء الآلي في حد ذاته خطراً وجودياً، وأنا أعتقد أن الفوائد ستكون أكبر بكثير من الجوانب السلبية.

أخيراً، عرضت في الجزء القسم من الكتاب إلى حالة الإنسان من خلال عدسة الذكاء ونظرية الدماغ. كما يمكنك أن تقول على الأرجح، أنا قلق بشأن المستقبل. أنا قلق بشأن رفاهية المجتمع البشري وحتى بقاء جنسنا البشري على المدى الطويل. يتمثل أحد أهدافي في زيادة الوعي حول كيف أن الجمع بين الدماغ القديم والمعتقدات الخاطئة يمثل خطراً وجودياً حقيقياً، أكبر بكثير من التهديد المفترض للذكاء الاصطناعي. ناقشت طرقاً مختلفة يمكننا من خلالها تقليل المخاطر التي نواجهها. يتطلب العديد منها أن نصنع آلات ذكية.

لقد كتبت هذا الكتاب لنقل ما تعلمته أنا وزملائي عن الذكاء والدماغ. ولكن بخلاف مشاركة هذه المعلومات، آمل أن أقنع البعض منكم بالعمل على أساسها. إذا كنت شاباً أو تفكر في تغيير مهنتك، ففكر في الدخول في مجالات علم الأعصاب وذكاء الآلة. هناك القليل من الموضوعات الأكثر إثارة للاهتمام، والأكثر تحدياً، والأكثر أهمية. ومع ذلك، يجب أن أحذرك: سيكون من الصعب إذا كنت ترغب في متابعة الأفكار التي كتبت عنها في هذا الكتاب. علم الأعصاب والتعلم الآلي مجالان كبيران بهما خمول هائل. لديّ القليل من الشك في أن المبادئ التي وصفتها هنا ستؤدي أدواراً مركزية في مجالي البحث، ولكن قد يستغرق الأمر سنوات حتى تحدث. في غضون ذلك، يجب أن تكون حازماً وواسع الحيلة.

لديّ طلب آخر، وهو ما ينطبق على الجميع. آمل أن يتعلم كل شخص على وجه الأرض يوماً ما

كيف تعمل أدمغتنا. بالنسبة إليّ، يجب أن يكون هذا توقعاً، مثل، «أوه، لديك دماغ؟ إليك ما تحتاج لمعرفته حول هذا الموضوع». قائمة الأشياء التي يجب أن يعرفها الجميع قصيرة. أود أن أدرج كيف يتكون الدماغ من الجزء الجديد والأجزاء القديمة. أود أن أدرج كيف تتعلم القشرة المخية الحديثة نموذجاً للعالم، بينما تولد الأجزاء القديمة من الدماغ عواطفنا وسلوكيات الأكثر بدائية. أود أن أدرج كيف يمكن للدماغ القديم أن يتحكم، مما يجعلنا نتصرف بطرق نعرف أنه لا ينبغي نتصرف وفقها. وأود أن أشمل كيف نكون جميعاً عرضة للمعتقدات الخاطئة وكيف أن بعض المعتقدات فيروسية.

أعتقد أنه يجب على الجميع معرفة هذه الأشياء، بالطريقة نفسها التي يجب أن يعرف بها الجميع أن الأرض تدور حول الشمس، وأن جزيئات الحمض النووي ترمز جيناتنا، وأن الديناصورات عاشت على الأرض لملايين السنين، ولكنها انقرضت. هذا مهم. إن العديد من المشاكل التي نواجهها - من الحروب إلى تغير المناخ - تنشأ عن المعتقدات الخاطئة أو الرغبات الأنانية للعقل القديم أو كليهما. إذا فهم كل إنسان ما كان يجري داخل رأسه، أعتقد أنه سيكون لدينا صراعات أقل وتوقعات أكثر إشراقاً لمستقبلنا.

يمكن لكل واحد منا المساهمة في هذا الجهد. إذا كنت والداً، فعلم أطفالك عن الأدمغة بالطريقة نفسها التي قد تحمل بها برتقالة وتفاحة لتعليم أطفالك عن النظام الشمسي. إذا كنت تكتب كتباً للأطفال، ففكر في الكتابة عن الدماغ والمعتقدات. إذا كنت معلماً، فاسأل كيف يمكن تضمين نظرية الدماغ كجزء من المناهج الدراسية الأساسية. تقوم العديد من المجتمعات الآن بتدريس علم الوراثة وتقنيات الحمض النووي كجزء قياسي من مناهج المدارس الثانوية. أعتقد أن نظرية الدماغ تساويها في الأهمية إن لم تكن أكثر أهمية.

* * *

من نحن؟

وكيف وصلنا إلى هنا؟

وما هو مصيرنا؟

منذ آلاف السنين، طرح أسلافنا هذه الأسئلة الأساسية. هذا طبيعي. نستيقظ ونجد أنفسنا في عالم معقد وغامض. لا يوجد دليل إرشادي للحياة ولا تاريخ أو خلفية لشرح ما يدور حوله الأمر. نحن نبذل قصارى جهدنا لفهم وضعنا، لكن في الجزء الأعظم من تاريخ البشرية، كنا جاهلين. منذ بضع مئات من السنين، بدأنا في الإجابة على بعض هذه الأسئلة الأساسية. نحن الآن نفهم الكيمياء الكامنة وراء كل

الكائنات الحية، ونفهم العمليات التطورية التي أدت إلى جنسنا البشري.

ونحن نعلم أن جنسنا البشري سيستمر في التطور ومن المحتمل أن ينقرض في وقت ما في المستقبل.

يمكن طرح أسئلة مماثلة عنا ككائنات عقلية.

ما الذي يجعلنا أذكياء وواعين بأنفسنا؟

كيف أصبح جنسنا ذكياً؟

ما هو مصير الذكاء والمعرفة؟

آمل أن أقنعكم بأن هذه الأسئلة ليست فقط قابلة للإجابة، ولكننا نحرز تقدماً ممتازاً في الإجابة عنها. آمل أن أكون قد أقنعتك أيضاً أنه يجب علينا أن نهتم بمستقبل الذكاء والمعرفة، بغض النظر عن قلقنا بشأن مستقبل جنسنا البشري. إن ذكاءنا الفائق فريد من نوعه، وبقدر ما نعلم، فإن دماغ البشر هو الشيء الوحيد في الكون الذي يعرف وجود الكون الأوسع. إنه الشيء الوحيد الذي يعرف حجم الكون وعمره والقوانين التي يعمل بها. هذا يجعل ذكائنا ومعرفتنا جديرة بالحفظ، ويعطينا الأمل في أنه في يوم من الأيام قد نفهم كل شيء.

نحن الإنسان العاقل، البشر الحكماء. نأمل أن نكون حكماء بما يكفي لندرك مدى تميزنا بما يكفي لاتخاذ الخيارات التي تضمن بقاء جنسنا البشري لأطول فترة ممكنة هنا على الأرض بما يكفي لاتخاذ الخيارات التي تضمن بقاء الذكاء والمعرفة لفترة أطول، هنا على الأرض وفي جميع أنحاء الكون.

قراءات مقترحة

كثيراً ما يسألني الأشخاص الذين سمعوا عن عملنا عما أوصي بقراءته لمعرفة المزيد عن نظرية الألف دماغ وعلم الأعصاب ذي الصلة. عادة ما يدفعني هذا إلى التنهد العميق، لأنه لا توجد إجابة بسيطة، ولكي أكون صادقاً، من الصعب قراءة أوراق علوم الأعصاب. قبل أن أقدم لك توصيات محددة بشأن القراءة، لديّ بعض الاقتراحات العامة.

علم الأعصاب هو مجال كبير للدراسة لدرجة أنك حتى لو كنت عالماً على دراية وثيقة بمجال فرعي واحد، فقد تواجه مشكلة في قراءة الأدبيات في مجال آخر. وإذا كنت جديداً تماماً على علم الأعصاب، فقد يكون من الصعب البدء.

إذا كنت تريد التعرف إلى موضوع معين - على سبيل المثال، الأعمدة القشرية أو الخلايا الشبكية - ولم تكن جيداً بالفعل في هذا الموضوع، فأنا أوصي بالبدء بمصدر مثل ويكيبيديا. عادةً ما تحتوي ويكيبيديا على مقالات متعددة حول أي موضوع، ويمكنك الانتقال سريعاً بينها من خلال اتباع الروابط. إنها أسرع طريقة أعرفها للتعرف إلى المصطلحات والأفكار والموضوعات وما إلى ذلك. ستجد غالباً أن المقالات المختلفة تختلف أو تستخدم مصطلحات مختلفة. ستجد خلافات مماثلة في الأوراق العلمية التي راجعها الأقران. كقاعدة عامة، تحتاج إلى قراءة مصادر متعددة للتعرف إلى ما هو معروف عن موضوع ما.

للتعمق أكثر، فإن الشيء التالي الذي أوصي به هو مقالات المراجعة. تظهر مقالات المراجعة في المجلات الأكاديمية التي راجعها الأقران، ولكن كما يوحي اسمها، فإنها تقدم نظرة عامة على موضوع ما، بما في ذلك المجالات التي يختلف فيها العلماء. عادة ما تكون مقالات المراجعة أسهل في القراءة من الأوراق العادية. تعتبر الاستشهادات قيّمة أيضاً لأنها تقدم معظم الأوراق المهمة المتعلقة بموضوع في قائمة واحدة. من الطرق الجيدة للعثور على مقالات المراجعة استخدام محرك بحث مثل الباحث العلمي من غوغل واكتب شيئاً مثل «مقالة مراجعة لخلايا الشبكة».

فقط بعد أن تتعلم المصطلحات والتاريخ والمفاهيم الخاصة بموضوع ما، أوصي بقراءة الأوراق

العلمية الفردية. نادراً ما يكون عنوان الورقة وملخصها كافيين لمعرفة ما إذا كانت تحتوي على المعلومات التي تبحث عنها. عادة ما أقرأ الملخص. ثم أقوم بمسح الصور ضوئياً، والتي يجب أن تحكي في ورقة مكتوبة جيداً نفس قصة النص. ثم أقفز إلى قسم المناقشة في النهاية. غالباً ما يكون هذا القسم هو المكان الوحيد الذي يصف فيه المؤلفون بوضوح موضوع الورقة. فقط بعد هذه الخطوات الأولية سأفكر في قراءة الورقة من البداية إلى النهاية.

فيما يلي قراءات مقترحة حسب الموضوع. هناك مئات إلى آلاف الأوراق حول كل موضوع، لذا يمكنني أن أقدم لك بعض الاقتراحات فقط لمساعدتك على البدء.

الأعمدة القشرية

تم بناء نظرية الألف دماغ بناءً على اقتراح فيرنون ماونتكاسل بأن الأعمدة القشرية لها هياكل متشابهة وتؤدي وظائف مماثلة. المرجع الأول أدناه هو مقال ماونتكاسل الأصلي حيث اقترح فكرة خوارزمية قشرية مشتركة. المرجع الثاني هو ورقة بحثية أحدث كتبها ماونتكاسل يسرد فيها العديد من النتائج التجريبية التي تدعم اقتراحه. المرجع الثالث، من قبل بوكسهوفيدن وكازانوفا، هو مراجعة سهلة نسبياً للقراءة. على الرغم من أن الأمر يتعلق في الغالب بالأعمدة الصغيرة، إلا أنه يناقش العديد من الحجج والأدلة المتعلقة بادعاء ماونتكاسل. المرجع الرابع، من تأليف طومسون ولامي، هو مقال مراجعة عن التشريح القشري. إنها مراجعة شاملة للطبقات الخلوية والوصلات النموذجية بينها. الأمر معقد، لكنه من أوراقي المفضلة.

Mountcastle, Vernon. «An Organizing Principle for Cerebral Function: The Unit Model and the Distributed System.» In The Mindful Brain, edited by Gerald M. Edelman and Vernon B. Mountcastle, 7–50. Cambridge, MA: MIT Press, 1978.Mountcastle, Vernon. «The Columnar Organization of the Neocortex.» Brain 120(1997): 701–722.Buxhoeveden, Daniel P., and Manuel F. Casanova. «The Minicolumn Hypothesis in Neuroscience.» Brain 125, no. 5 (May 2002): 935–951.Thomson, Alex M., and Christophe Lamy. «Functional Maps of Neocortical Local Circuitry.» Frontiers in Neuroscience 1 (October 2007): 19–42.

التسلسل الهرمي القشري

الورقة الأولى أدناه، بقلم فيليمان وفان إيسن، هي الورقة التي ذكرتها في الفصل الأول، والتي وصفت للمرة الأولى التسلسل الهرمي للمناطق في القشرة المخية الحديثة للمكاك. أنا أدرجها في الغالب لمصلحتها التاريخية. لسوء الحظ، ليس الوصول المفتوح.

المرجع الثاني، من قبل هيلغيتاج وغولاس، هو نظرة أكثر حداثة على قضايا التسلسل الهرمي في القشرة المخية الحديثة. يسرد المؤلفان مشاكل مختلفة لتفسير القشرة المخية الحديثة كتسلسل هرمي صارم.

المرجع الثالث، ورقة كتبها موراي شيرمان وراي غيليري، تجادل بأن الطريقة الأساسية التي تتحدث بها منطقتان قشريتان مع بعضهما البعض هي من خلال جزء من الدماغ يسمى المهاد. يوضح الشكل 3 في الورقة هذه الفكرة بشكل جيد. غالباً ما يتم تجاهل اقتراح شيرمان وغيليري من قبل علماء الأعصاب الآخرين. على سبيل المثال، لم يذكر أي من المرجعين الأولين الروابط من خلال المهاد. على الرغم من أنني لم أتحدث عن المهاد في هذا الكتاب، إلا أنه مرتبط ارتباطاً وثيقاً بالقشرة المخية الحديثة لدرجة أنني أعتبرها امتداداً للقشرة المخية الحديثة. أنا وزملائي نناقش شرحاً محتملاً لمسار المهاد في ورقة «الأطر» لعام 2019، والتي نناقشها أدناه.

Felleman, Daniel J., and David C. Van Essen. «Distributed Hierarchical Processing in the Primate Cerebral Cortex.» Cerebral Cortex 1, no. 1 (January–February 1991): 1.

Hilgetag, Claus C., and Alexandros Goulas. «'Hierarchy' in the Organization of Brain Networks.» Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 375, no. 1796 (April 2020).

Sherman, S. Murray, and R. W. Guillery. «Distinct Functions for Direct and Transthalamic Corticocortical Connections.» Journal of Neurophysiology 106, no. 3 (September 2011): 1068–1077.

مسارا ماذا وأين

في الفصل السادس، وصفت كيف يمكن تطبيق الأعمدة القشرية القائمة على الأطر المرجعية على مسارات ماذا وأين في القشرة المخية الحديثة. الورقة الأولى، التي كتبها أنغيرليدير وهاكسبي، هي واحدة

من الأوراق الأصلية حول هذا الموضوع. الورقة الثانية، كتبها غودال وميلنر، وهي صف أكثر حداثة. وفيها يجادلان بأن الوصف الأفضل لمساري لماذا وأين هو «الإدراك» و«الفعل». هذه الورقة ليست مفتوحة الوصول. ربما تكون الورقة الثالثة التي كتبها روشيسكر هي الأسهل في القراءة.

Ungerleider, Leslie G., and James V. Haxby. «'What' and 'Where' in the Human Brain.» Current Opinion in Neurobiology 4 (1994): 157–165.

Goodale, Melvyn A., and A. David Milner. «Two Visual Pathways—Where Have They Taken Us and Where Will They Lead in Future?» Cortex 98 (January 2018): 283–292.

Rauschecker, Josef P. «Where, When, and How: Are They All Sensorimotor? Towards a Unified View of the Dorsal Pathway in Vision and Audition.» Cortex 98 (January 2018): 262–268

السبلات

في الفصل الرابع، ناقشت نظريتنا القائلة إن الخلايا العصبية في القشرة المخية الحديثة تتوقع من خلال السبلات. أقوم هنا بإدراج ثلاث أوراق مراجعة تناقش هذا الموضوع. الأولى، من تأليف لندن وهاسر، ربما يكون الأسهل قراءة. والثانية كتبها أنتيك، وهي الأكثر ارتباطاً بنظريتنا، أما المرجع الثالث ميجر ولاركم وشيلر.

London, Michael, and Michael Häusser. «Dendritic Computation.» Annual Review of Neuroscience 28, no. 1 (July 2005): 503–532.

Antic, Srdjan D., Wen-Liang Zhou, Anna R. Moore, Shaina M. Short, and Katerina D. Ikonomu. «The Decade of the Dendritic NMDA Spike.» Journal of Neuroscience Research 88 (November 2010): 2991–3001.

Major, Guy, Matthew E. Larkum, and Jackie Schiller. «Active Properties of Neocortical Pyramidal Neuron Dendrites.» Annual Review of Neuroscience 36 (July 2013): 1–24.

خلايا الشبكة وخلايا المكان

جزء أساسي من نظرية الألف دماغ هو أن كل عمود قشري يتعلم نماذج من العالم باستخدام الأطر المرجعية. نقترح أن تقوم القشرة المخية الحديثة بذلك باستخدام آليات مشابهة لما تستخدمه الخلايا الشبكية وخلايا المكان في القشرة المخية الأنفية الداخلية والحصين. للحصول على نظرة عامة ممتازة على خلايا الأماكن والخلايا الشبكية، أوصي بقراءة أو الاستماع إلى محاضرات أوكيف وموسر، ونوبل، بالترتيب الذي قدموه. عمل الثلاثة معاً لإلقاء مجموعة منسقة من المحاضرات

O’Keefe, John. «Spatial Cells in the Hippocampal Formation.» Nobel Lecture. Filmed December 7, 2014, at Aula Medica, Karolinska Institutet, Stockholm. Video, 45:17. www.nobelprize.org/prizes/medicine/2014/okeefe/lecture/.

Moser, Edvard I. «Grid Cells and the Entorinal Map of Space.» Nobel Lecture. Filmed December 7, 2014, at Aula Medica, Karolinska Institutet, Stockholm. Video, 49:23. www.nobelprize.org/prizes/medicine/2014/edvard-moser/lecture/.Moser, May-Britt. «Grid Cells, Place Cells and Memory.» Nobel Lecture. Filmed December 7, 2014, at Aula Medica, Karolinska Institutet, Stockholm. Video, 49:48. www.nobelprize.org/prizes/medicine/2014/may-britt-moser/lecture

خلايا الشبكة في القشرة المخية الحديثة

لقد بدأنا للتو في رؤية أدلة على آليات الخلايا الشبكية في القشرة المخية الحديثة. في الفصل السادس، وصفت تجربتي التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي التي أظهرت دليلاً على أن الخلايا الشبكية لدى البشر تؤدي مهاماً معرفية. تصف الورقتان الأوليتان - من تأليف دولر وباري وبرغيس وكونستانيسكو وأوراي ووبرنس - هذه التجارب. تصف الورقة الثالثة، التي أعدها جاكوبس وآخرون، نتائج مماثلة من البشر الذين خضعوا لجراحة الدماغ المفتوح.

Doeller, Christian F., Caswell Barry, and Neil Burgess. «Evidence for Grid Cells in a Human Memory Network.» Nature 463, no. 7281 (February 2010): 657–661.

Constantinescu, Alexandra O., Jill X. O'Reilly, and Timothy E. J. Behrens. «Organizing Conceptual Knowledge in Humans with a Gridlike Code.» Science 352, no. 6292 (June 2016): 1464–1468

Jacobs, Joshua, Christoph T. Weidemann, Jonathan F. Miller, Alec Solway, John F. Burke, Xue-Xin Wei, Nanthia Suthana, Michael R. Sperling, Ashwini D. Sharan, Itzhak Fried, and Michael J. Kahana. «Direct Recordings of Grid-Like Neuronal Activity in Human Spatial Navigation.» Nature Neuroscience 16, no. 9 (September 2013): 1188–1190.

أوراق نومينتا حول نظرية الألف دماغ

يقدم هذا الكتاب وصفاً عالي المستوى لنظرية الألف دماغ، لكنه لا يخوض في تفاصيل كثيرة. إذا كنت مهتماً بمعرفة المزيد، فيمكنك قراءة الأوراق التي تمت مراجعتها من قبل الزملاء في مختبري. إنها تحتوي على أوصاف مفصلة لمكونات محددة، بما في ذلك في كثير من الأحيان المحاكاة وكود المصدر. جميع أوراقنا متاحة للجميع. فيما يلي الأكثر صلة بالموضوع، مع وصف موجز لكل منها.

ما يلي هو أحدث ورقة لدينا، وهي أيضاً الأسهل في القراءة. إنها أفضل مكان للبدء إذا كنت ترغب في الحصول على وصف أكثر تعمقاً للنظرية الكاملة وبعض آثارها.

Hawkins, Jeff, Marcus Lewis, Mirko Klukas, Scott Purdy, and Subutai Ahmad. «A Framework for Intelligence and Cortical Function Based on Grid Cells in the Neocortex.» Frontiers in Neural Circuits 12 (January 2019): 121.

قدمت هذه الورقة التالية اقتراحنا بأن معظم السبلات تعمل كمتوقعات، وأن 90 بالمئة من نقاط الاشتباك العصبي على الخلايا العصبية الهرمية مخصصة للتعرف إلى سياقات التوقع. وصفت الورقة أيضاً كيف تخلق طبقة من الخلايا العصبية المنظمة في أعمدة صغيرة ذاكرة تسلسل توقعية. تشرح الورقة العديد من جوانب الخلايا العصبية البيولوجية التي لا يمكن تفسيرها بنظريات أخرى. إنها ورقة مفصلة تتضمن عمليات المحاكاة، ووصفاً رياضياً للخوارزمية الخاصة بنا، ومؤشراً إلى الكود المصدري.

Hawkins, Jeff, and Subutai Ahmad. «Why Neurons Have Thousands of Synapses, a Theory of Sequence Memory in Neocortex.» Frontiers in Neural

Circuits 10, no. 23 (March 2016): 1–13.

التالي هو الورقة التي ذكرنا فيها للمرة الأولى أن كل عمود قشري يمكنه تعلم نماذج لكائنات بأكملها. قدمت هذه الورقة أيضا مفهوم التصويت في العمود. إن الآليات الواردة في هذه الورقة هي امتداد للآليات التوقعية التي تم تقديمها في بحثنا لعام 2016. نتوقع أيضاً أن تمثيلات الخلايا الشبكية قد تشكل الأساس لإشارة الموقع، على الرغم من أننا لم نعمل بعد من خلال أي تفاصيل. تتضمن الورقة عمليات المحاكاة وحسابات السعة ووصفاً رياضياً للخوارزمية الخاصة بنا.

Hawkins, Jeff, Subutai Ahmad, and Yuwei Cui. «A Theory of How Columns in the Neocortex Enable Learning the Structure of the World.» Frontiers in Neural Circuits 11 (October 2017): 81

تعمل الورقة التالية على توسيع ورقة العام 2017 الخاصة بنا من خلال العمل بالتفصيل على كيفية قيام خلايا الشبكة بتشكيل تمثيل للموقع. تشرح هذه الورقة كيف تستطيع مثل هذه المواقع توقع المدخلات الحسية القادمة. تقترح الورقة رسم خرائط بين النموذج وثلاث من الطبقات الست في القشرة المخية الحديثة. تتضمن الورقة عمليات المحاكاة وحسابات السعة ووصفاً رياضياً للخوارزمية الخاصة بنا.

Lewis, Marcus, Scott Purdy, Subutai Ahmad, and Jeff Hawkins. «Locations in the Neocortex: A Theory of Sensorimotor Object Recognition Using Cortical Grid Cells.» Frontiers in Neural Circuits 13 (April 2019): 22.

Notes

[1←]

يدرس مهندسو التصميم ويبحثون ويطورون أفكاراً للمنتجات الجديدة والأنظمة المستخدمة في صنعها. يقومون أيضاً بتعديل المنتجات أو العمليات الحالية لزيادة الكفاءة أو تحسين الأداء.

[2←]

تقرير حكومي يقدم معلومات أو مقترحات بشأن قضية ما. (المترجم).